


Д.С.МЕДВЕДОВСКИЙ, О.Н.ГУЗЕВИЧ

# ЭЛЕКТРОГИТАРА И УСИЛИТЕЛЬ

6Ф2
М 42
УДК 681.817.61:681.828



**Медведовский Д. С. и Гузевич О. Н.**

М 42 Электрогитара и усилитель. Л., "Энергия", 1974.
112 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 858).

В книге приведено описание устройства полуакустической электрогитары и специального усилителя с различными приставками. Подробно описаны способы изготовления отдельных деталей и узлов установки.

Книга рассчитана на квалифицированных радиолюбителей, занимающихся конструированием электрических гитар и усилителей.

М $\frac{30405-153}{051(01)-74}$ 311-74 6Ф2

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к электрическим гитарам у широких кругов радиолюбителей, а также у участников художественной самодеятельности и профессиональных артистов с каждым днем возрастает.

Современное развитие радиотехники и радиоэлектроники позволяет создавать новые электрические инструменты. Электрогитара хорошо звучит с клавишными, смычковыми, духовыми и другими музыкальными инструментами. Мощность звучания и диапазон динамических и тембровых возможностей такого инструмента очень большие. В настоящее время практически нет ни одного эстрадного оркестра или джаза, в котором не присутствовала бы электрогитара, не говоря об ансамблях электрогитар.

Авторы получили много отзывов и пожеланий по содержанию и оформлению книги "Электрогитары", вышедшей в 1970 г.

Предлагаемая вниманию читателя книга описывает установку, состоящую из полуакустической электрогитары и специального усилителя, снабженного различными приставками, такими как вибрато, ревербератор и др. Настоящий комплекс сконструирован на базе разработок авторов книги, а также на основе новейших данных зарубежной техники.

За рубежом электрические гитары получили очень большое распространение. Ряд специализированных фирм занимается производством и сбытом этих инструментов. Наша музыкальная промышленность

приступила к серийному выпуску электрогитар в Москве, Ленинграде и других городах Советского Союза.

Ознакомившись с книгой, радиолюбители смогут самостоятельно сделать электрогитару. Более того, используя свои знания, опыт и природную смекалку, они могут усовершенствовать инструмент, создать более интересные конструкции.

Замечания и пожелания по книге просьба направлять по адресу: 192041, Ленинград, Марсово поле, д. 1, Ленинградское отделение издательства "Энергия".

Авторы

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

Полуакустическая электрогитара предназначена для сольного исполнения и аккомпанемента в эстрадном оркестре. На рис. 1 показаны составные части электрогитары: 1 — колки, 2 — головка грифа; 3 — скобочка; 4 — верхний порожек; 5 — лады; 6 — точки; 7 — гриф; 8 — пятка; 9 — демпфер; 10 — преобразователь № 1; 11 — переключатель тембров; 12 — корпус; 13 — преобразователь № 2; 14 — эфы; 15 — преобразователь № 3; 16 — подставка и глушитель; 17 — ручки управления громкостью; 18 — разъем; 19 — механический вибратор; 20 — держатель для ремня.

Электрогитара хорошо звучит как без усилителя звука, так и с усилителем (несколько мягче). Электрогитара имеет небольшой вес, что важно при долговременной игре или игре стоя. Благодаря этим качествам полуакустическая гитара в настоящее время практически вытеснила массивную электрогитару (доску).

Описываемый в книге инструмент отвечает самым высоким требованиям высококвалифицированных радиолюбителей и музыкантов-профессионалов: он имеет три универсальных преобразователя с регулируемыми сердечниками, расположенными под каждой струной, темброблок на 9 фиксированных тембров, раздельное регулирование громкости по низким, средним и высоким частотам, механический вибратор, глушитель, демпфер и другие устройства,

позволяющие получать разнообразные музыкальные эффекты.

Электрогитара состоит из следующих частей: корпуса, грифа, головки грифа с колковой механикой, узлов механической группы и элементов электрической схемы. Основные ее габаритные размеры (в мм):

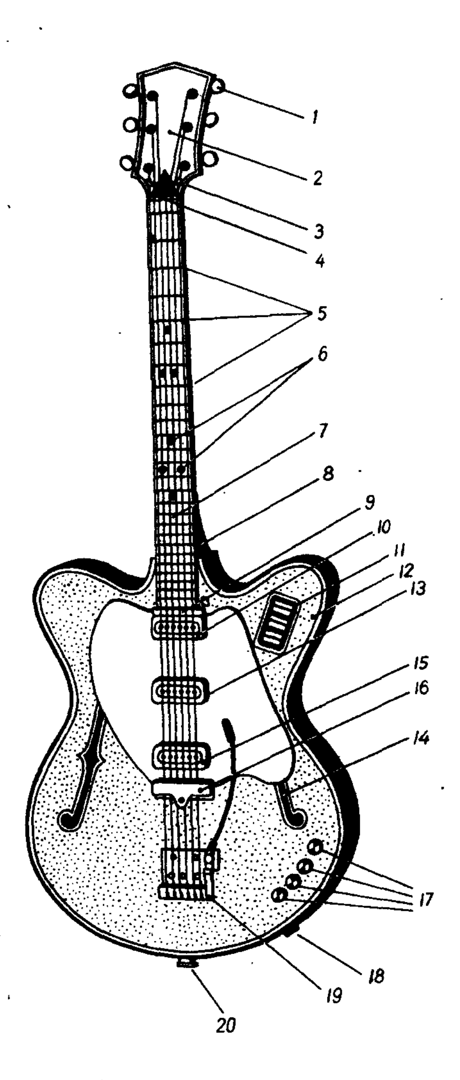



Рис. 1

| | |
|---|---|
| Длина электрогитары . . . . . . . . . | 1105 |
| Длина корпуса по центру . . . . . . . . | 490 |
| Ширина корпуса . . . | 400 |
| Высота корпуса по обечайке . . . . . . | 36 |
| Длина грифа . . . . . | 480 |
| Ширина грифа у порожка . . . . . . . . | 46 |
| Ширина грифа гитары у хвоста . . . . | 50 |
| Толщина грифа у порожка . . . . . . . . . | 25 |
| Толщина грифа у пятки . . . . . . . . . | 27 |
| Мензура * . . . . . . . | 650 |

Диапазон звучания электрогитары — 3,5 октавы.

**Корпус** — основа электрогитары. Он изготавливается полым и состоит из верхней и нижней деки, соединенных боковой стенкой, так называемой обечайкой. Форма гитары должна быть удобной и обеспечивать исполнителю доступ ко всему грифу. Форма, показанная на рис. 1, обеспечи-

* Длина рабочей части струны от нулевого лада до подставки.

вает удобство игры на инструменте. Корпус имеет верхний и нижний клец (рис. 2) При этом инструмент приобретает своеобразную форму отличающую его от электрогитары (доски), которая, как известно, изготавливается из сплошного материала.

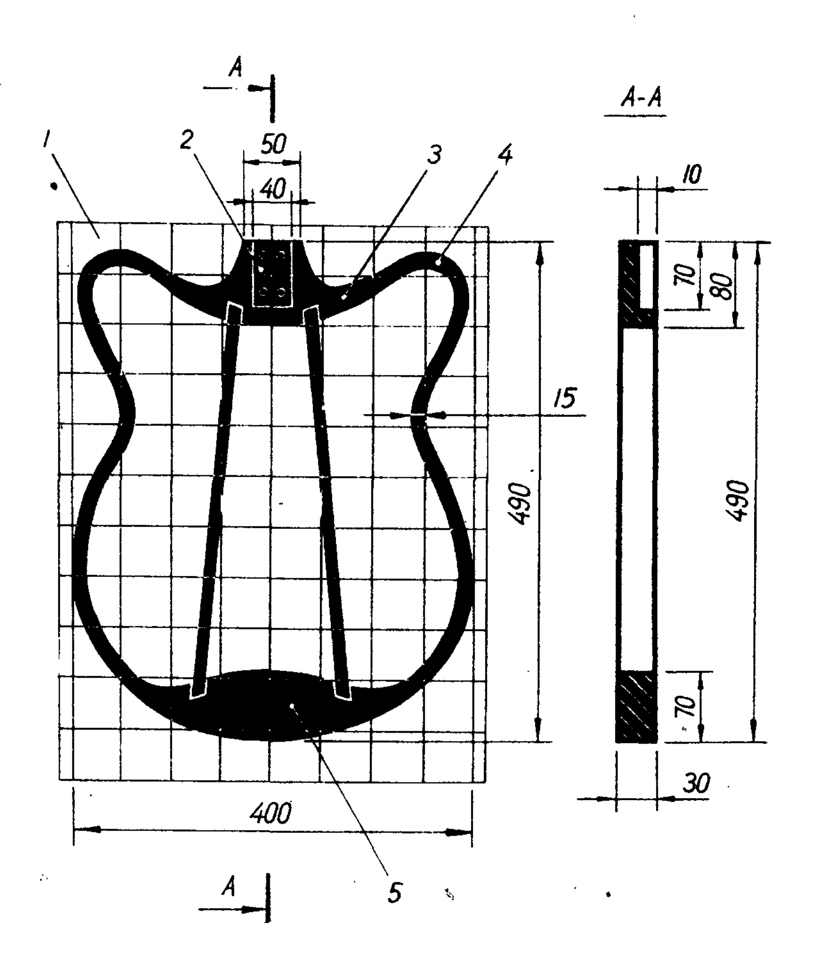



Рис. 2

Материалом для корпуса может служить дерево любой породы. Для облегчения веса и дальнейшей обработки следует использовать древесину мягких пород, например ель, сосну, липу, ольху и др. Древесина должна быть без пороков, понижающих механическую прочность и ухудшающих внешний вид. Влажность не должна превышать 8—10%. Сначала делают заготовку, которую из-за возможного ис-

кривления обечайки рекомендуется склеивать (столярным клеем) из нескольких брусков (2—3 шт.). Для прочности надо их хорошо подогнать друг к другу — отфуговать. Размер заготовки: длина 490 мм, ширина 400 мм, толщина 30 мм.

Для изготовления будущего корпуса следует сделать шаблон из картона, на котором вычертить контур инструмента, а также наметить все отверстия. Рекомендуемая форма корпуса очень удобна для исполнителя, она представлена на рис. 2, где 1 — заготовка, 2 — выемка, 3 — верхний клец, 4 — обечайка, 5 — нижний клец.

Сначала выпиливают внешний обвод обечайки, а затем внутренний. В верхнем и нижнем клецах вырезают пазы шириной 10 мм, глубиной 10 мм. В эти пазы вставляют рейки жесткости прямоугольной формы размером 10 х 10 мм. Рейки необходимо тщательно подогнать и вклеить, как указано на рис. 2. После этого наклеиваются нижняя и верхняя деки, сделанные по шаблону, изготовленные из доброкачественной трех- или четырехмиллиметровой фанеры. Предварительно, до наклейки, на верхней деке вырезаются эфы и другие отверстия. Приклейка верхней и нижней дек является весьма ответственной операцией. Прежде всего необходимо подготовить по всему периметру кромки обечайки как верхнюю, так и нижнюю. Скос должен быть сделан так, чтобы деки плотно соприкасались с обечайкой. Далее следует тщательно обработать рашпилем склеиваемые детали. После этого нужно подготовить 8—10 струбцинок, или прижимов, какие применяются в столярном деле, без клея приладить деки к обечайке и сделать пробный зажим. Убедившись, что деки плотно прижаты к обечайке, следует промазать столярным клеем склеиваемые детали и оставить их на 24 ч для просушки.

**Гриф** (рис. 3) следует изготовить из древесины твердых пород (бук, береза и др.). На рисунке

показаны верхний порожек (1), головка грифа (2), лады (3), накладка (4) и пятка (5). Желательно гриф делать двухслойным, так как в процессе эксплуатации он выдерживает большую нагрузку. Достаточно сказать, что каждая струна имеет натяжение до 12 кгс. Общая статическая нагрузка на гриф составляет около 80 кгс. Размеры бруска для грифа: длина 480 мм, ширина 50 мм, толщина

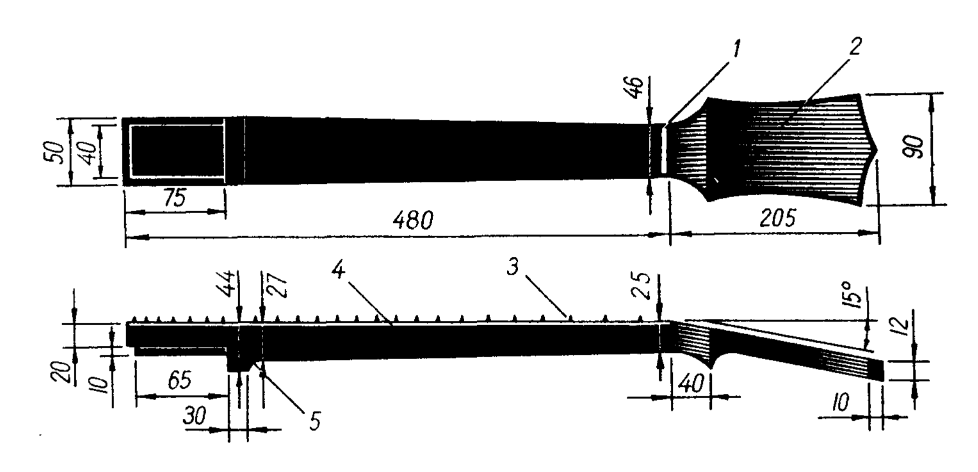



Рис. 3

45 мм. Верхняя часть грифа делается плоской под накладку, которая является декоративным оформлением грифа. Она несет на себе металлические лады и кнопки. Изготавливается накладка в виде планки (из груши, ореха и других сортов древесины) толщиной 6—7 мм. Нижняя часть грифа делается полукруглой с переходом в прямоугольную (к месту соединения грифа с корпусом). В верхней части делают скос, к которому приклеивается головка грифа.

**Головка грифа** также изготавливается из твердых пород дерева. Форма и размеры ее определяются колковой механикой. У нижнего основания головки делается такой же скос, как на грифе. Скос к скосу хорошо подгоняют и склеивают, одновременно приклеивая накладку. Головка и гриф соединяются под углом 15°. Длина грифа зависит от мензуры.

В нашем инструменте длина грифа равна 480 мм, мензура при этом равна 650 мм. Окончательная обработка грифа и головки такая же, как и корпуса.

Высокая надежность вышеперечисленных работ обеспечивается хорошим столярным клеем. Столярный костный клей изготавливают из костей животных; по качеству он делится на 4 сорта, по виду — на плиточный, крупнодробленый, мелкодробленый и клей в виде массы. Хороший по качеству плиточный клей должен быть твердым, хрупким и прозрачным; плитки должны хорошо ломаться (а не гнуться), образуя при этом острые грани, похожие на желтое стекло. Если плитка имеет темный цвет и при надломе гнется, значит, клей плохого качества. Такой клей при набухании дает гнилостный запах, вода загрязняется. Столярный клей применяют при горячем способе склеивания.

Для приготовления клеевого раствора сухой клей кладут в луженую посуду, заливают чистой водой комнатной температуры так, чтобы он был полностью погружен в воду, и оставляют набухать на 6—12 ч до полного размачивания всех твердых кусков. Набухший клей переливают в варочный котелок, состоящий из двух сосудов (в наружном кипяток, во внутреннем клей), и варят при температуре 60—70°С в течение 2—3 ч. Прочность инструмента зависит от качества применяемого клея.

Чтобы скрепить гриф и корпус, необходимо прежде всего обозначить на них продольные осевые линии, затем соединить эти части инструмента, совместив осевые линии, ранее намеченные, и, аккуратно очертив место соединения, выбрать стамеской вырез в верхнем клеце глубиной 10 мм, шириной 40 мм. Это нужно для плотной посадки грифа в гнезде корпуса. Такое соединение обеспечивает достаточную прочность инструмента при натяжении струн.

Необходимо помнить, что гриф не должен быть параллелен корпусу, а должен составлять с ним

угол 1°, это значительно продлит время эксплуатации инструмента.

Вставив гриф в корпус, размечают четыре отверстия, после чего шурупами 40 х 3 мм привинчивают эти детали друг к другу.

Разметка грифа и установка ладов являются важнейшими этапами работ, они требуют большого внимания и аккуратного исполнения. В результате расчета мензуры в темперированной гамме определен эмпирический коэффициент К = 17,8. Как было сказано выше, рабочая часть струны (мензура) имеет длину 650 мм. Длина лада определяется по формуле $l = L/K$, где $l$ — длина определяемого лада, мм; $L$ — расстояние от подставки до предыдущего лада, мм; $K$ = 17,8 — эмпирический коэффициент.

Пример. Рассчитать гриф при длине мензуры L = 650 мм.

Определение расстояния первого лада от нулевого:

$$l_1 = L/K = 650 : 17{,}8 = 36{,}5 \text{ мм}.$$

Определение расстояния второго лада от первого ($l_2$):

$$L_1 = L - l_1 = 650 - 36{,}5 = 613{,}5 \text{ мм};$$

$$l_2 = L_1/K = 613{,}5 : 17{,}8 = 34{,}4 \text{ мм}.$$

Определение расстояния третьего лада от второго ($l_3$):

$$L_2 = L_1 - l_2 = 613{,}5 - 34{,}4 = 579{,}1 \text{ мм};$$

$$l_3 = L_2/K = 579{,}1 : 17{,}8 = 32{,}24 \text{ мм}.$$

Расчет последующих ладов до 21-го включительно осуществляется аналогичным способом.

В табл. 1 приводится расчет грифа.

После проведения расчета необходимо полученные данные перенести на гриф. Для этого, поставив линейку вдоль грифа, намечают шилом месторасположение всех металлических ладов. Затем с помощью рейсшины проводят параллельные линии. Этим же шилом наносят пропилы, которые углубляют

Таблица 1

| Номер лада | Расстояние от подставки до предыдущего лада, мм | Длина лада, мм | Расстояние от нулевого лада до определяемого, мм |
|---|---|---|---|
| 1 | 650,0 | 36,5 | 36,5 |
| 2 | 613,5 | 34,4 | 70,9 |
| 3 | 579,1 | 32,2 | 103,1 |
| 4 | 546,9 | 30,7 | 133,8 |
| 5 | 516,2 | 29,0 | 162,8 |
| 6 | 487,2 | 27,4 | 190,2 |
| 7 | 459,8 | 25,8 | 216,0 |
| 8 | 434,0 | 24,4 | 240,4 |
| 9 | 409,6 | 23,0 | 263,4 |
| 10 | 386,6 | 21,7 | 285,1 |
| 11 | 364,9 | 20,5 | 305,6 |
| 12 | 344,4 | 19,3 | 324,9 |
| 13 | 325,1 | 18,2 | 343,1 |
| 14 | 306,9 | 17,2 | 360,3 |
| 15 | 289,7 | 16,2 | 376,5 |
| 16 | 273,5 | 15,3 | 391,8 |
| 17 | 258,2 | 14,5 | 406,3 |
| 18 | 243,7 | 13,6 | 419,9 |
| 19 | 230,1 | 13,0 | 432,9 |
| 20 | 217,1 | 12,2 | 445,1 |
| 21 | 204,9 | 11,5 | 456,6 |

до 2,5 мм шлицовочной ножовкой. Смазав канавки клеем БФ–2, вставляют лады в гриф. Лучше всего использовать лады от обычной гитары. В случае отсутствия таковых можно сделать их из листовой латуни толщиной 1,5 мм. От листа следует отрезать 21 полоску шириной по 4 мм каждая и одну шириной 4,5 мм. Длину этих полосок определяет ширина грифа.

Высота металлических ладов над поверхностью грифа должна быть строго одинаковой и равняться

1,2—1,3 мм. Добиться этого можно с помощью длинного напильника и наждачной бумаги. Когда лады будут выровнены, можно установить самый верхний лад из такого же материала. Его высота над грифом 1,7 мм. На металлическом ладу надфилем надо сделать неглубокие канавки для каждой струны. Еще выше, на расстоянии 3—5 мм от первого лада, необходимо установить верхний порожек из пластмассы, твердого дерева или кости высотой 6—7 мм, шириной у основания 5 мм, шириной у вершины 3 мм. На этом порожке следует сделать ножовкой глубокие канавки по количеству струн.

Для лучшей ориентировки при игре на некоторых ладах ставятся "точки": на 12-м ладу — две, по одной рекомендуется устанавливать на 5, 7, 10, 15 и 17-м ладах. Точки желательно делать круглые из белого целлулоида толщиной 1—1,5 мм. Их следует вставить после разбивки грифа, но до вклейки металлических ладов, подровнять рубанком или напильником, а затем отциклевать заподлицо с рабочей поверхностью грифа, которая не красится, а пропитывается морилкой.

**Колковая механика** используется от обычной гитары, но с некоторой переделкой. Можно ставить отдельные колки или блоки из трех штук. В соответствии с колками в головке грифа просверливаются отверстия, в которые вставляют втулки, выточенные из алюминия или латуни. Втулки предохраняют колковую механику от преждевременного износа так же, как стальная скобочка, изготовленная из проволоки диаметром 3—4 мм. Она прижимает струны к верхней части головки грифа (рис. 1).

## 2. ОТДЕЛКА ИНСТРУМЕНТА

Отделка инструмента может быть произведена несколькими способами. Все зависит от того, какие материалы радиолюбитель имеет под рукой. Окраска

электрогитары является важным этапом отделки и придания инструменту законченного вида. Электрогитара красива не причудливостью форм и пестротой раскраски. Ее красота в простоте обводов, в гармоничности и соразмерности всех деталей, в лаконизме цветовой гаммы.

Инструмент можно отделать двумя видами покрытий: непрозрачным и прозрачным. В первом случае гитару окрашивают нитроэмалью или, скажем, негразином, придавая ему тот или другой цвет, закрывая одновременно имеющийся на дереве рисунок — текстуру древесины. Во втором случае изделие окрашивают водным раствором, покрывают восковой пастой, лакируют или полируют, оставляя тем самым на поверхности древесины прозрачную блестящую пленку, которая не закрывает текстуры, а, наоборот, более контрастно выделяет ее рисунок. Если деки изготовлены из малоценной, имеющей пороки фанеры, то в этом случае следует окрасить инструмент непрозрачным покрытием, т. е. нитроэмалью, негразином и др. В случае когда деки сделаны из высококачественной фанеры, не имеющей явных дефектов или большого количества сучьев, целесообразно применить прозрачное покрытие с полировкой.

Мы рекомендуем четыре способа отделки.

Способ 1. Гитара шпаклюется нитрошпаклевкой, разведенной двумя частями ацетона. Домашним пылесосом наносится тонкий и равномерный слой шпаклевки. Способ применения пылесоса для таких целей указан в его паспорте.

Через час, когда шпаклевка еще не совсем затвердела, поверхность электрогитары протирается мелкозернистой наждачной бумагой, смоченной в бензине. Через несколько часов следует нанести еще один слой шпаклевки, но уже более жидкий (1 часть шпаклевки — 3 части растворителя). Через день-два поверхности придается блеск шлифовальной наждачной бумагой.

Красить гитару можно нитроэмалью в 3—4 приема. Для первой окраски эмаль разводится двумя частями растворителя. Для последующих — тремя. Между этими операциями должен быть перерыв не менее трех суток, а после последней окраски 10—12 дней. После этого гитару следует протереть мелкой шкуркой и отшлифовать шлифовальной мазью типа № 290 или "Глобус" (ГДР).

Способ 2. Предварительная подготовка поверхности заключается в отбеливании и обессмоливании фанеры, удалении ворса и порозаполнении. Отбеливание и обессмоливание древесины можно производить одновременно, если к 25%-ному раствору ацетона на 1 л состава добавить 50—60 г белильной или хлорной извести. Нанесенный состав оставляют на поверхности фанеры примерно на 30—40 мин и затем смывают слабым раствором соляной кислоты (крепость раствора не более 1%).

Если есть желание окрасить деки, сделанные из березовой фанеры, в красновато-коричневый тон. необходимо взять 4 г красителя "Бейц № 12", 1 г красителя "Рубин", 1 г красителя "Маренго", 200 г воды. Для окрашивания в вишневый цвет составляют раствор из красителей: 1 г кислотного хрома желтого "Н", 5 г хрома коричневого "К", 1,5 г кислотного хрома черного, 5 г нашатырного спирта, 500 г воды.

После окраски дек ворс следует удалить мелкозернистой шкуркой. Затем поверхность нужно хорошо загрунтовать. Для получения порошка берут два куска пемзы с хорошо притертыми плоскостями и трут ими друг о друга или пемзу толкут в ступке. Порошок просеивают через старый капроновый чулок и насыпают пемзовую пудру в марлевый мешочек, который сшивают из двух-трех слоев марли. В тампон наливают спиртовый лак или политуру и круговыми движениями наносят их на поверхность. На свеженанесенный лак или политуру насыпают пем-

зовую пудру. Посыпав пудрой поверхность, производят втирание в поры дерева заполнителя, смешивая его с лаком или политурой. Грунтование производят до тех пор, пока все поры не будут заполнены. Шлифование грунтовки производится после того, как она хорошо высохла. Для шлифовки берут наждачную бумагу № 140. Пыль удаляют чистой сухой тряпкой или щеткой. Затем наносят 5—8 слоев лака.

Полирование применяется при высококачественной отделке электрогитары. Оно выполняется обычно в три приема с помощью спиртовой политуры. Тампон необходимо сделать из трех различных материалов: наружная оболочка из холста или льняного полотна, внутренняя из фланели или мягкого сукна, между ними вата. Сначала наносят 30—50 ласов (слоев) политуры, сушат нанесенный слой до 6—8 ч и затем снова наносят такое же количество ласов. После сушки в течение 6—9 ч производят третье полирование, нанося 20—30 ласов. Тампон можно слегка смазывать вазелиновым маслом.

Обычно полирование выполняется шеллачной политурой — жидким спиртовым лаком, содержащим в среднем 10% шеллака и 90% этилового спирта.

Полирование заканчивается процессом, который называют разгонкой, сушкой и выполировкой. Он выполняется свежим тампоном, который смачивают в чистом винном спирте 96%-ной крепости. Выполировка, как и полировка, производится быстрыми круговыми движениями.

Способ 3. Гитара "одевается" в черный цвет. Хорошо подготовленный инструмент обрабатывается негразином, который разводится в пропорции: 2 чайные ложки на стакан воды. Негразин наносится тонким слоем с помощью тампона. После просушки (2—3 дня) инструмент лакируется спиртовым (бесцветным) лаком. Такую лакировку следует произвести 8—10 раз. Затем всю поверхность гитары,

включая гриф и головку грифа, следует отциклевать и ошкурить наждачной бумагой № 120. Предпоследняя операция — полировка. Тампон из шерсти слегка смачивают в политуре и круговыми движениями полируют инструмент. Во время работы на поверхность систематически капают по нескольку капель растительного масла. После просадки и просушки гитары (5—7 дней) повторяют полировку и вновь просушивают гитару.

Окончательная отделка инструмента сводится к наведению блеска и снятию излишков растительного масла. Для этого необходимо сделать смесь из 50 г политуры и 50 г воды, после чего ватой, намотанной на палочку, выбрать шеллак, чтобы в емкости остался спирт в смеси с водой. Полотняным тампоном (желательно белого цвета), смоченным в указанной смеси, следует досуха круговыми движениями натирать гитару до получения зеркального блеска.

Способ 4. Гитара оклеивается художественным целлулоидом толщиной 0,5—0,7 мм любого цвета и рисунка. Рекомендуется красный или вишневый цвет. Перед оклейкой инструмент следует окрасить черной тушью, а целлулоид погрузить на 2—3 ч в хорошо смешанный и отстоявшийся раствор, составленный из 30% ацетона и 70% воды. После распарки в таком растворе целлулоид становится мягким, как сукно, и его сразу следует наклеивать на гитару лаком "цапон". На стыках для прочности целлулоид промазывается ацетоном. Оклеенную гитару необходимо просушивать 7—10 дней. После этого срока надо обработать инструмент, т. е. спилить все неровности напильником, отциклевать, ошкурить, тампоном, намоченным в ацетоне, обработать всю поверхность, а затем приступить к полировке. Полируют инструмент при помощи суконного тампона пастой ГОИ с керосином. Рекомендуется пасту мелко настрогать и всыпать в небольшую банку с керосином. Шлифуют инструмент круговыми

движениями до получения ровного зеркального блеска по всей поверхности. Целлулоидом оклеивают только корпус, головку и гриф, кроме его верхней части (рабочей).

Рекомендуется при всех способах отделки инструмента оклеивать эфы и внешний периметр корпуса белым целлулоидом или полистиролом толщиной до 1 мм.

## 3. УЗЛЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

К узлам механической группы относятся такие устройства, которые дают музыканту дополнительные исполнительские возможности. Как правило, такие узлы имеют ручное управление, легко включаются и выключаются. Они просты в изготовлении, не требуют сложных фрезерных, токарных и наладочных работ. К узлам механической группы относятся: механический вибратор, специальная подставка, глушитель и демпферное устройство.

Механический вибратор предназначается для осуществления вибрации струн. Радиолюбители знакомы с действием амплитудного и фазового вибрато в канале усилителя, которые работают с частотой 6—12 гц. Такие устройства, давая определенный положительный эффект, все же имеют существенный недостаток — вызывают однообразие звучания, которое в какой-то степени утомляет слушателя. Исполнитель не может изменять амплитуду или частоту вибрации во время игры. При применении же механического вибратора этот недостаток полностью устраняется, появляется возможность регулировать вибрацию струн как по частоте, так и по амплитуде. Овладеть секретом управления вибратором несложно. Он сводится к тому, что музыкант большим и указательным пальцами правой руки производит качающие движения рукоятки. При этом происходит ослабление и натяжение всех струн. Звук понижается и повыша-

ется на 0,5—1 тон. Возникают нежные вибрирующие звуки с "электронной" окраской.

Предлагаемый нами механический вибратор состоит из струнодержателя 1 (рис. 4, а, б), закрепленного на основании 2. Струнодержатель имеет рычаг 3, к которому с помощью винта 5 крепится рукоятка 4. Между основанием 2 и рычагом 3 установлена спиральная пружина 6, с наружным диаметром витка 18 мм и диаметром стальной проволоки 2 мм. Пружина вставлена в чашку 7, которая должна сопротивляться натяжению струн с такой силой, чтобы рукоятка вибратора составляла с корпусом гитары угол 13—16°. Основные детали вибратора выполнены из латуни, ось 8 и рукоятка стальные, головка рукоятки из пластмассы.

Для закрепления вибратора на корпусе инструмента в основании просверливаются 5 отверстий диаметром 4 мм. Последние зенкуются. Для чашки пружины в верхней деке просверливается отверстие диаметром 20 мм. Детали устройства хромируются.

**Специальная подставка.** Горизонтальное перемещение струн, создаваемое вибратором, из-за трения приводит в негодность металлическую канитель и ускоряет стирание стальных струн, что приводит к потере строя. Для устранения этого серьезного недостатка предлагается конструкция специальной подставки, при наличии которой горизонтальное движение струн, опирающихся на подвижные ролики, приводит к минимальному стиранию канители и стальных струн. Практика показала, что струны в процессе эксплуатации изнашиваются неравномерно: одни вытягиваются сильнее, другие меньше; неравномерен также износ канители. Имеет значение качество стали, из которой изготовлены струны. Предлагаемая подставка позволяет регулировать положение струн как по горизонтали, так и по вертикали. Регулировка по вертикали необходима


a)
1
2
3
4
5
6
7
8

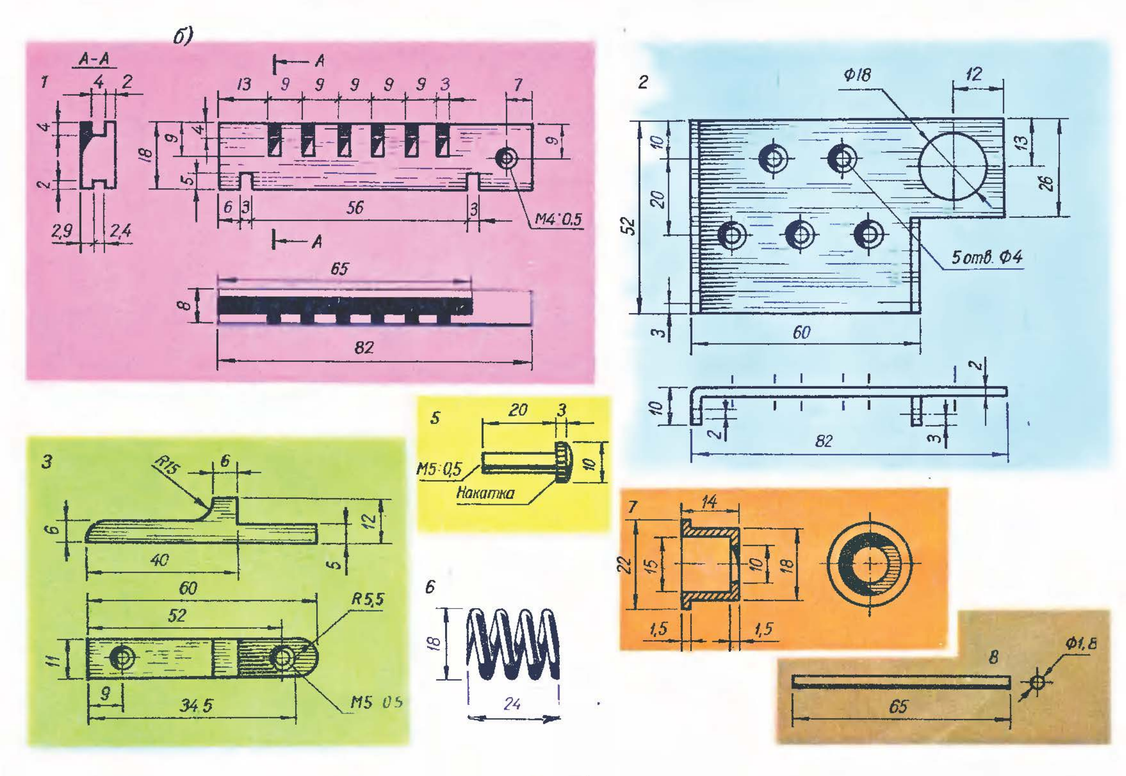
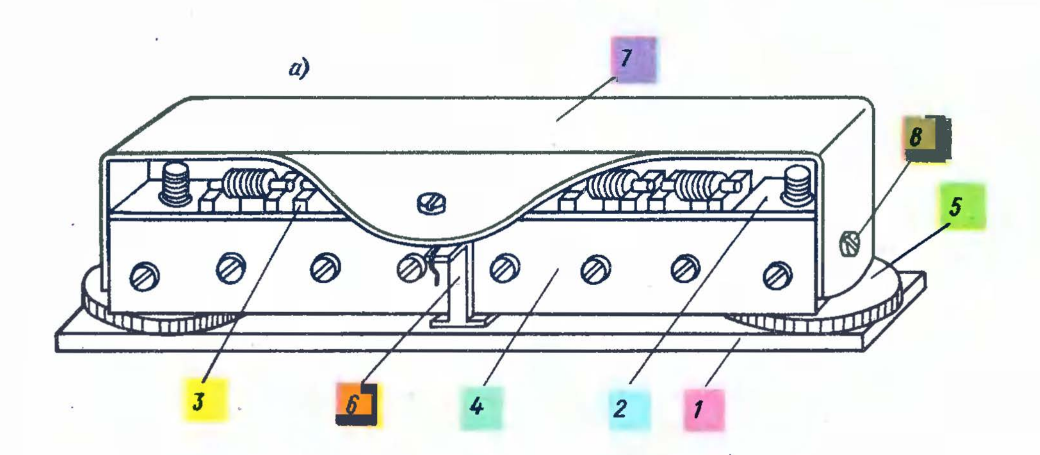
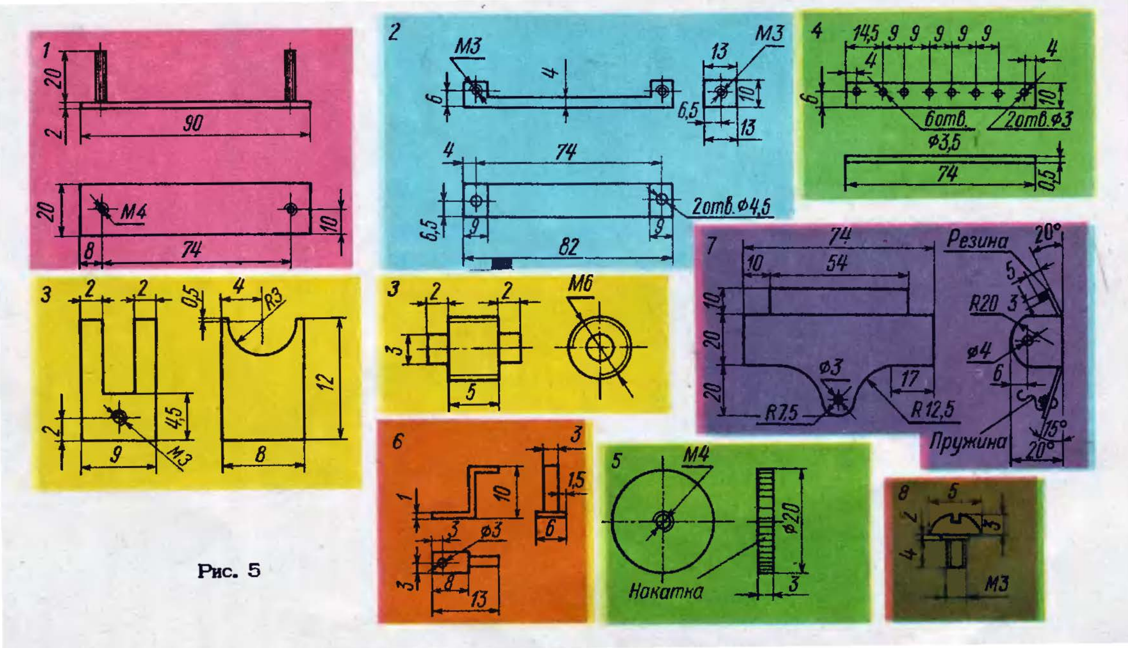



Рис. 4



a)
7
8
5
3
6
4
2
1



M3
M4
2отв.Ф4,5
6отв.
Ф3,5
2отв.Ф3
M6
Резина
R20
Ф4
Ф3
R7,5
R12,5
Пружина
Ф20
Накатка


Рис. 5

потому, что со временем происходит деформация грифа, в результате которой струны могут касаться некоторых ладов.

Подставка состоит из нижней платы 1 (рис. 5, а, б), основания 2 и кареток с роликами 3. Нижняя плата изготавливается из листовой стали, в которой просверливаются отверстия и нарезается резьба М4 для шпилек длиной 30 мм. На шпильки с одной стороны навинчиваются круглые гайки с накаткой 5 , с обратной стороны нижней платы шпильки расклепываются. Это устройство предназначено для перемещения подставки по вертикали. В основании просверливается отверстие и нарезается резьба М3 для винта, который закрепляет фиксатор глушителя.

Основание изготавливается из Ст.3. На нем устанавливаются дюралюминиевые каретки с роликами, на которые ложатся струны. Каретки перемещаются своими винтами по горизонтали, удлиняя или укорачивая мензуру для каждой струны в отдельности.

**Сборка конструкции.** На подставку устанавливаются в ряд шесть кареток с роликами. На боковых плоскостях основания винтами М3 укрепляется планка 4 (рис. 5). В отверстие планки вставляются винты М3 длиной 15 мм, которые ввинчиваются в основание каретки. С другой стороны основания укрепляется вторая планка. Винт своим концом входит в отверстие второй планки. Конец винта необходимо развальцевать. Основание устанавливается на нижнюю плату. Высота регулируется круглой накатанной гайкой с контргайкой. Место установки подставки с основанием на верхней деке гитары определяется мензурой.

**Глушитель** предназначается для создания музыкального эффекта звучания банджо — сухого и короткого звука. Устройство представляет собой поворотную скобу 7 (рис. 5), укрепленную на основании специальной подставки с помощью винтов

М3 (10). К передней части скобы снизу прикреплена полоска губчатой резины 8. Форма ее должна обеспечить одинаковое давление на все струны. К хвостовику скобы прикреплена ленточная пружина 9 (от часового механизма) шириной 5 мм, толщиной 0,5 мм. Ее конфигурация показана на

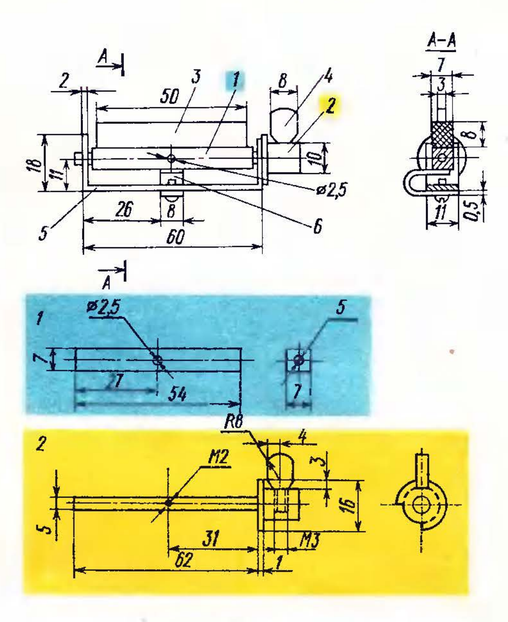



Рис. 6

рис. 5. Своими выступами она упирается в фиксатор 6. При обычном положении глушителя хвостовик находится в нижнем положении и струны звучат свободно. Когда поднимается хвостовик, передняя часть скобы с наклеенной на ней резиной прижимается ко всем струнам. Скоба изготавливается из листовой латуни или стали толщиной 1 мм и хромируется.

**Демпфер** (рис. 6) предназначается для создания эффекта звучания старинного музыкального инструмента челесты и представляет собой прямоугольник 1, насаженный на ось 2. Последняя вставлена

в скобу 5, в центре скобы имеется отверстие с резьбой под винт М2. Здесь устанавливается пружина 6, которая одной своей плоскостью упирается в скобу, другой — в грань прямоугольника, фиксируя его положение. Ось и прямоугольник жестко скрепляются винтом М2. На одну из сторон прямоугольника наклеивается полоска поролона 3, форма ее должна обеспечивать одинаковое давление снизу на все струны. Поворот всей системы осуществляется рукояткой 4. Крепление рукоятки выполнено стопорным винтом, имеющим резьбу М3.

На рис. 6 показано рабочее положение устройства. При нажиме на рукоятку система принимает горизонтальное положение и барабан с наклеенной полоской поролона размещается ниже грифа. Основные детали демпфера изготовлены из латуни и хромируются.

Размещение узлов механической группы (рис. 1) производится по намеченной осевой линии инструмента. Первым устанавливается демпфер на расстоянии 5 мм от конца грифа. Затем специальная подставка. Ее местоположение определяется расстоянием от 12-го лада, т. е. половиной мензуры, что составляет 325 мм. К этому расстоянию необходимо добавить 2—3 мм. Проверку правильности установки специальной подставки выполняют в следующем порядке: пальцем слегка нажимают на 12-й лад любой струны, при этом звук, извлекаемый из струны щипком, должен быть на октаву выше, чем у ненажатой. Далее устанавливается механический вибратор. Расстояние от подставки 60—65 мм. Желательно, чтобы конец рукоятки насаженным на нее пластмассовым наконечником располагался посередине между демпфером и подставкой.

## 4. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Как показала практика, наиболее удобным и распространенным является электромагнитный преобразователь. Он прост в изготовлении и надежен

в работе. Преобразователь служит для превращения механических колебаний струн гитары в электрические сигналы звуковой частоты. Действие магнитного преобразователя основано на изменении напряженности магнитного потока, проходящего через струны при их колебаниях, при этом наводится э. д. с. в обмотке преобразователя. Эффективность электромагнитного преобразователя зависит от его

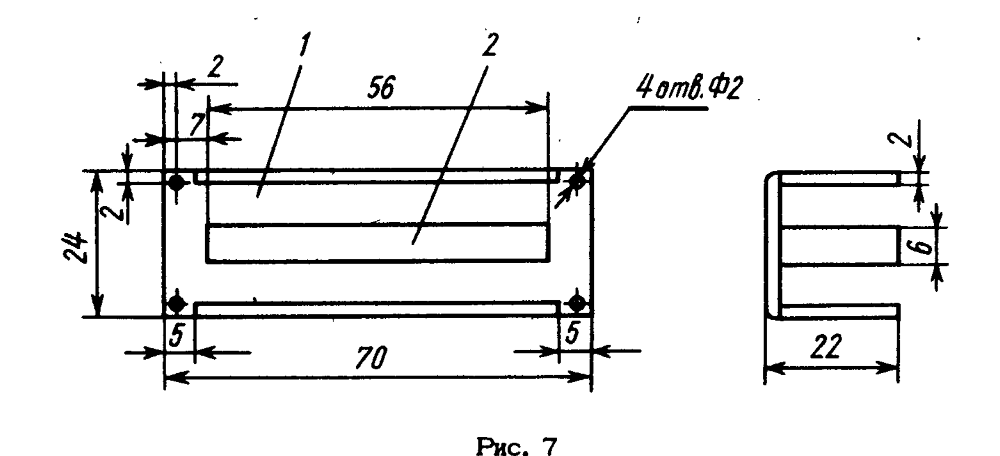



Рис. 7

конструкции, свойств применяемых магнитов, их формы, количества витков катушки, материала основания и др.

**Предлагаются два типа преобразователей:** с одним и с двумя постоянными магнитами. Преобразователь с одним постоянным магнитом (рис. 7) состоит из основания 1, изготовленного из листовой стали Ст.3 в виде буквы П, толщиной 2 мм. Наружные стенки основания отполированы. На основание приклеивается постоянный магнит 2, представляющий собой брусок прямоугольного сечения, изготовленный из высококачественного магнитного материала — сплава АНКО-2 (возможны и другие магнитотвердые сплавы: АНКО-4, АЛНИ и др.). За неимением таких материалов можно использовать кусок старого напильника. Его отпускают; нагревают докрасна и охлаждают при комнатной температуре. Затем обрабатывают на наждачном круге (опиливают) до

требуемых размеров и закаливают обычным способом. Для намагничивания и перемагничивания магнита используют любой возможный для радиолюбителя способ.

Постоянный магнит приклеивается к основанию клеем БФ-2; после полимеризации (72 ч) на него надевается катушка, изготовленная из плотного картона (каркас). Обмотка может содержать от 4000 до 6000 витков провода (в зависимости от места установки преобразователя). Употребляется провод ПЭВ-1 диаметром 0,05—0,06 мм с намоткой внавал. Сопротивление катушек соответственно равно 4—6 ком. К концам обмотки необходимо припаять многожильный тонкий провод длиной 300—400 мм, надеть на него экран и вывести через отверстие диаметром 4 мм, экран обмотки электрически соединить с основанием. Сверху преобразователь закрывается полоской из целлулоида или полистирола толщиной 1 мм.

Преобразователь с двумя постоянными магнитами и регулируемыми сердечниками имеет существенные преимущества перед всеми другими типами преобразователей. Как известно, звук обычной акустической гитары сильно отличается от звука электрической гитары. В акустической гитаре все колебания струн (продольные, круговые, поперечные) превращаются в звук. В электрической же гитаре преобразование механических колебаний в электрические происходит только в плоскости проекции поперечных колебаний. Следует иметь в виду и то обстоятельство, что из-за вращения струны э. д. с., наводимая в преобразователе, будет иметь максимумы и минимумы. Применение преобразователя с регулируемыми сердечниками позволяет значительно уменьшить минимумы наводимой э. д. с. и придает струне более естественное звучание.

Такой преобразователь несколько сложнее в изготовлении, но зато имеет большие преимущества

перед первым типом преобразователя: он намного чувствительней (позволяет получать на выходе э. д. с. 50—60 мв при слабой вибрации струны), дает хороший и чистый звук, позволяет регулировать э. д. с., развиваемую каждой струной в отдельности. Дело в том, что величина э. д. с. на выходе преобразователя определяется как количеством витков катушки, так и расстоянием между магнитами и

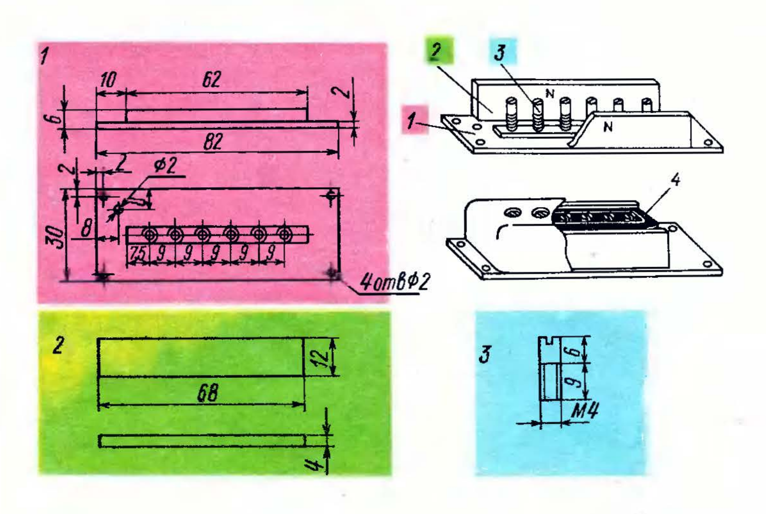



Рис. 8

струнами. Поскольку струны гитары различны по толщине, то и наводимые ими в катушках э. д. с. также будут неодинаковы. Сигнал на выходе преобразователя не будет соответствовать истинному (будет нарушено соотношение между громкостью звучащих струн). Хотя это несоответствие незначительно, при конструировании высококачественной электрогитары его все же необходимо свести к минимуму более точной установкой сердечников по отношению к каждой струне. Все эти положительные качества присущи предлагаемой конструкции.

Преобразователь с регулируемым сердечником (рис. 8) состоит из основания 1, изготовленного из мягкой стали, предварительно отпущенной, как было указано выше, магнитов 2, сердечников 3, также сделанных из Ст.3, катушки 4 бескаркасной намотки. Для намотки провода используется несложное приспособление. Намотка производится внавал проводом ПЭВ-1 или ПЭЛ диаметром 0,05—0,06 мм. Намотанная катушка оплетается лакотканью. Остальные требования те же, что и к первому преобразователю. После сборки системы изготавливается корпус из декоративного материала: целлулоида или полистирола.

Следует иметь в виду, что готовые преобразователи нельзя крепить непосредственно к корпусу, поскольку они обладают высокой чувствительностью: прикосновение к корпусу, темброблоку и ручкам управления будет восприниматься как серьезная помеха. Поэтому применяется прокладка, которая приклеивается к нижней части основания преобразователя. Материалом может служить губчатая резина или поролон.

**Регулирование тембра** (окраска звука) — это изменение частотной характеристики музыкального инструмента. Почти все музыкальные тона являются результатом наложения звуковых колебаний, частотный состав и интенсивность которых разнообразны. Поэтому тембр будет зависеть в первую очередь от того, какие гармоники (обертона) участвуют в создании звука и в каком соотношении друг с другом находятся величины их амплитуд.

Тембры электрогитары зависят также от скоростей нарастания и затухания звука и от присутствия в звуке негармонических составляющих и шумов.

Чтобы ограничить прохождение определенных обертонов, применяют различного рода полосовые фильтры. Музыкальное качество звука определяется быстротой спадания уровня высших обертонов, а

интонационная определенность зависит от амплитуды первой гармоники. Поэтому чаще всего применяют фильтры нижних частот. Простейшие однозвенные LC -фильтры невысокой добротностью позволяют получать мягкие заглушенные тембры, особенно приятные в басовом регистре. Естественно, что LC-фильтры позволяют получать более крутой фронт характеристик по сравнению с RC-фильтрами. LC-фильтр может хорошо работать лишь в ограниченном диапазоне, когда частота среза фильтра выше наименьшей частоты диапазона основных тонов. В противном случае невозможно получить равномерную громкость на всех тонах данного диапазона.

Фильтры верхних частот применяются в основном для получения оригинальных, гротескных, тембров. Подавление первых гармоник может привести к ослаблению интонационной определенности звука, что надо учитывать при выборе частоты среза. Простейший однозвенный фильтр RC хотя и работает недостаточно хорошо, но заметно влияет на тембр верхних частот. Все эти положения легли в основу устройства темброблока и определили порядок включения отдельных тембров.

Многочисленные опыты и эксперименты, проведенные авторами с целью определения наиболее рационального способа изменения тембра, показали, что плавная регулировка имеет существенные недостатки, главными из которых являются трудность определения задуманного тембра, а также значительное понижение или повышение громкости звука при вводе в игру нового тембра. Все это определило выбор в пользу фиксированных тонрегистров. Последние обладают рядом преимуществ: желаемый тембр определяется в домашних условиях; одинаковая громкость звука в пределах одного преобразователя и одного переключателя устанавливается путем введения дополнительных цепей, обеспечивающих одинаковый уровень громкости при переключении

тонрегистров; новый тембр включается мгновенно; комбинация одновременного включения нескольких тонрегистров, а стало быть и тембров, дает новое, совершенно необычное звучание инструмента.

Предлагаемый темброблок предназначен для быстрого переключения фиксированных тембров. Беззвучным, удобным для управления правой рукой исполнителя является двухклавишный переключатель для открытой осветительной проводки типа БУЗ 602-016 Московского завода "Динамо". Переключатель имеет небольшие размеры, бесшумен и надежен в работе, не требует особых переделок. Для установки его в инструмент необходимо снять керамическую коробочку. Строенный переключатель тембров можно вставить в легкую алюминиевую обойму или оклеить поливинилацетатным клеем производства Северодонецкого химкомбината. Клей белого цвета, клеит он надежно, чисто, без пятен.

Темброблок со смонтированными на полоске гетинакса или текстолита деталями устанавливается согласно схеме в правом верхнем углу корпуса инструмента в специальное гнездо, вырезанное в верхней деке. Строенный переключатель позволяет иметь шесть основных и несколько дополнительных тембров, что вполне достаточно для солирующего инструмента.

**Громкостью звука** называют такое его качество, которое определяет силу звукового ощущения, вызываемого у слушателя. Громкость звука можно оценить количеством децибел, на которое уровень заданного звука превышает уровень звука, соответствующий минимальному пределу слышимости. Болевым пределом называется такая громкость звука, которая вызывает болевое ощущение в ухе. Это происходит при уровне громкости около 120 дб. Музыкальные звуки по громкости занимают промежуточное положение между уровнями 20 и 100 дб. В соответствии с музыкальной терминологией музы-

кальный звук имеет ряд динамических градаций от пианиссимо (20 дб) до фортиссимо (100 дб).

На наш взгляд, эти основные положения должны лечь в основу как конструирования блока регулирования громкости в электрогитаре, так и расчета выходной мощности усилителя. Нам хотелось бы по-дружески предостеречь коллег конструкторов от увлечения форсированным звуком. По нашему глубокому убеждению, злоупотребление фортиссимо ничего кроме головной боли у слушателя не вызывает.

На верхней деке электрогитары установлен узел громкости, состоящий из блока четырех потенциометров типа СПО-0,25 номиналом 47 ком. Потенциометры крепятся на полоске из латуни толщиной 1,0—1,5 мм. Форма овальной полосы близка к силуэту корпуса. Оси потенциометров выводятся через отверстие диаметром 10 мм в верхней деке. Для вращения оси потенциометра можно использовать ручки от телевизора "Ладога-205" Ленинградского завода им. Козицкого.

Соединение электрогитары с усилительным блоком осуществляется через разъем и экранированный провод. Нередко этому важному узлу не придается должного значения — это приводит к наводкам, шорохам и др. Рекомендуется как в гитаре, так и в усилителе использовать соединительный низкочастотный разъем Ш-3 или Ш-5. Такой разъем, установленный в обечайке инструмента (рис. 1) и соединенный экранированным проводом длиной не более 3—4 м, дает надежное соединение всей установки.

## 5. РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Структурная схема электрогитары показана на рис. 9. Принципиальная схема электрической части инструмента видна на рис. 10.


Пр1
Регулятор тембра
Регулятор громкости
Пр2
Регулятор тембра
Регулятор громкости
Пр3
Регулятор тембра
Регулятор громкости
Общий регулятор громкости
Выход

Рис. 9

Рис. 10

На инструменте установлено три преобразователя. Места установки и количество преобразователей определены не случайно: гармоническим анализом тонов гитары установлено, что различные способы извлечения звуков, а также различные места установки преобразователей (у конца грифа, вблизи подставки, в любых промежуточных положениях) сильно влияют на спектральный состав сигнала, снимаемого с преобразователя. Исследования показывают, что при извлечении звука из струн у конца грифа продолжительность обертонов наименьшая. Поэтому преобразователь, расположенный у грифа, лучше воспроизводит основной тон. Преобразователь, расположенный у подставки, лучше выделяет обертона, дает меньшую продолжительность звука и более острую металлическую его окраску.

Уровень сигнала преобразователя пропорционален амплитуде колебаний струны, которая выше у басовых струн.

Сочетание амплитуд сигналов преобразователей, установленных в разных местах инструмента, дает нужную окраску звука, а при соответствующей корректировке в цепях сигнала позволяет установить контрастирующие тембры. Опыт показывает необходимость установки трех преобразователей.

Схема размещения преобразователей на инструменте видна на рис. 1. Рекомендуется преобразователь с наибольшим количеством витков установить вплотную к демпферу. Промежуточный преобразователь со средним количеством витков надо установить на расстоянии 20 мм от первого. Третий преобразователь устанавливается вблизи подставки. Преобразователи надо размещать по осевой линии инструмента так, чтобы сердечники расположились под струнами. Преобразователи через мягкую прокладку (губчатая резина, поролон и др.) приклеиваются клеем № 88 к верхней деке инструмента. Для пропуска экранированного провода сверлится от-

верстие диаметром 6—7 мм. Порядок установки термоблока был указан выше. Необходимо, чтобы термоблок был закреплен на мягкой прокладке.

Включение клавишей термоблока видно на принципиальной схеме (рис. 10). При включении первой клавиши первого переключателя П1 включается цепь корректирующего фильтра L, C2, что вызывает завал высоких частот. При включении второй клавиши того же переключателя происходит деление сигнала преобразователя в цепи R1, C1, R3 и небольшая корректировка частотной характеристики в области низких частот.

Второй переключатель П2 осуществляет корректировку частотной характеристики преобразователя Пр2. Первая клавиша второго переключателя корректирует частотную характеристику путем включения в цепь RC-фильтра, состоящего из конденсатора C4 и потенциометра R5. Потенциометр R5 обеспечивает необходимый уровень сигнала. Вторая клавиша второго переключателя П2 корректирует частотную характеристику путем замены конденсатора в фильтре на конденсатор меньшей емкости, чем еще больше подавляются низкие частоты.

Третий переключатель П3 осуществляет корректировку частотной характеристики путем включения в цепь RC-фильтра с номиналами, указанными в схеме. Вторая клавиша переключателя П3 усугубляет завал низких частот. Потенциометр R7 обеспечивает необходимый уровень сигнала. Все три потенциометра включены параллельно входу усилителя через резисторы R4, R6 и R8, чем обеспечивается в широких пределах независимая регулировка громкости.

Потенциометр R9 регулирует уровень сигналов, поступающих от всех преобразователей.

Катушка с индуктивностью L, намотанная на броневой сердечник типа СБ-4, имеет 3000 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,06 мм.

Следует обратить особое внимание на экранирование. Кроме преобразователей, экранируются провода, идущие от них к темброблоку. Сам темброблок, все экраны, а также механический вибратор и подставка соединяются с общим проводом.

При изготовлении корпуса гитары необходимо учесть, что внутренняя поверхность корпуса покрывается тонкой металлической фольгой, которая приклеивается к поверхности клеем БФ-2 и электрически соединяется с общим проводом разъема, образуя экран. Это гарантирует радиолюбителю отсутствие наводок.

Декоративный панцирь инструмента может быть сделан из целлулоида, полистирола или из другого декоративного пластика толщиной 1,5–2,0 мм. К черному цвету подходит желтый или белый цвет; к красному — черный или белый цвет; к голубому — черный панцирь.



Рис. 11

Определив общие размеры панциря, делают шаблон из картона, вырезают контур, а также все отверстия для датчиков и темброблока. Надев шаблон на инструмент и убедившись, что он сел свободно на отведенное ему место, переводят контур и вырезы на пластик, который обрабатывают с помощью сапожного ножа, напильника и наждачной бумаги. Наружная сторона панциря полируется обычным способом.

Полуакустическая электрогитара в законченном виде показана на рис. 11.

## 6. НАЛАЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

Налаживание электрогитары начинают с установки струн. Для этого струну разворачивают и вставляют шарики в прорези струнодержателя механического вибратора. Струны проходят между скобой глушителя и специальной подставки. Они ложатся на ролик и далее идут под скобочку, установленную на головке грифа.

Первая струна самая тонкая, вторая немного толще, третья струна еще толще. Все последующие струны — басы — имеют шелковую обмотку, сверху которой навита металлическая канитель. Каждая следующая струна немного толще предыдущей.

От правильной обмотки зависят чистота и сила звучания струны, поэтому, натянув струну, нужно проверить ее установку, пробуя звучание ее на 5, 7 и 12-м ладах. Если струна фальшивит, что бывает от неровной обмотки, или дает глухой звук, ее следует заменить.

При надевании струны нужно закрепить ее в струнодержателе, затем продеть в отверстие валика колка, конец загнуть против вращения валика и положить под струну. Во время натягивания струна зажимает конец, который находится под ней. Такой способ дает возможность быстро снять струну при обрыве и укрепить новую. Оставшиеся концы струн следует обрезать, но не слишком коротко.

**Настройка электрогитары** производится по камертону, издающему звук ля. Он соответствует звуку первой струны инструмента, нажатой на пятом ладу. (Можно настраивать электрогитару по роялю, пианино, аккордеону или баяну.) Струну натягивают или отпускают с помощью колка до тех пор, пока звук ее не сравняется со звуком камертона. Сняв палец со струны и оставив ее свободной, мы получим звук ми. Вторая струна настраивается по первой. Для этого надо прижать вторую струну

на пятом ладу и натягивать или отпускать ее до одинакового звучания с открытой первой струной. Третья струна, прижатая на четвертом ладу, настраивается до одинакового звучания с открытой второй струной. Четвертая струна, прижатая на пятом ладу, настраивается до одинакового звучания с третьей. Пятая струна, прижатая на пятом ладу, настраивается до одинакового звучания с четвертой. Шестая струна, прижатая на пятом ладу настраивается до одинакового звучания с пятой.

Настроив таким образом электрогитару, следует проверить расстояние от рабочей поверхности грифа до струны. Проверку производят на 12-м ладу. Это расстояние должно быть не более 3—4 мм. Регулировка струн по высоте производится с помощью гаек с накаткой, которые поднимают либо опускают специальную подставку до требуемого расстояния.

После этого проверяют расположение струн над сердечниками преобразователей. Желательно, чтобы струны проходили по центру шлица, а также были на одинаковом расстоянии друг от друга (примерно 9 мм). Если есть отклонение от этой нормы, то струны передвигают по нитям нарезки, имеющейся на роликах (рис. 5).

**Налаживание работы механического вибратора** является следующим этапом работы. Надо иметь в виду, что по мере увеличения натяжения струн рукоятка своим концом, на котором насажен пластмассовый наконечник, все ближе подходит к верхней деке инструмента. Нормальное положение рукоятки такое, при котором она составляет с декой угол 13—16°, т. е. находится на расстоянии 10—12 см от деки. Из этого положения качающие движения рукоятки должны совершаться без большого усилия со стороны исполнителя, в противном случае необходимо сменить пружину на более мягкую или более жесткую.

**Налаживание работы глушителя** сводится к проверке давления полоски губчатой резины на все струны. Когда хвостовик находится в нижнем положении и струны звучат свободно, полоска резины ни в коем случае не должна касаться струн, если же она касается их, то следует обрезать ее или слегка отогнуть фиксатор. Если хвостовик в рабочем положении слабо давит на струны через губчатую пружину, то следует нарастить ее.

**Налаживание работы демпфера** сводится к следующему. В нерабочем состоянии полоска поролона размещается между концом грифа и скобой. Струны звучат свободно. Включение и рабочее положение означает поворот всей системы на $90^{\circ}$, при этом поролоновая полоска прижимается к струнам. Здесь очень важно не допустить сильного давления. Поролон должен слегка касаться струн. Если нарушить это требование, не получится эффекта звучания челесты.

**Налаживание элементов электрической схемы** следует начать с включения усилителя. О налаживании усилителя речь будет идти далее. Будем считать, что усилитель готов к работе. Через экранированный шнур включаем электрогитару. Все регуляторы громкости выведены, темброблок также выключен.

Вводим громкость потенциометром R9 (рис. 10). Ручку поворачиваем на четверть оборота. Одновременно поворачиваем ручку потенциометра R3. Включаем клавишу первого переключателя П1. Устанавливаем звук небольшой громкости. При такой громкости легче всего производить настройку электрогитары с усилителем.

**Налаживание работы преобразователей** начинают с преобразователя Пр1. Пробуют щипком по каждой струне громкость ее звучания. Слабый звук — сердечник надо вывинтить на 1—2 оборота; сильный звук — сердечник ввинтить вглубь системы. Рекомендуется, чтобы все шесть сердечников возвыша-

лись над корпусом преобразователя не более чем на 1—3 мм. Регулировка производится на слух. Все удары медиатора по силе должны быть одинаковыми. Настройку надо производить при открытых струнах. После настройки следует взять несколько простых аккордов — на этом заканчивается наладка преобразователя.

Наладка преобразователей Пр2 и Пр3 производится в таком же порядке. Необходимо запомнить, что во время налаживания преобразователей должна быть включена одна клавиша переключателя. В процессе наладки включаются потенциометры, обслуживающие свои преобразователи. Клавиши темброблока, не участвующие в наладке данного преобразователя, должны быть выключены.

**Налаживание работы темброблока** проводится на слух. Темброблок пока не установлен в корпусе электрогитары, а расположен в доступном месте для возможной перепайки радиодеталей или их замены.

Мы рекомендуем наладку темброблока начать с переключателя П1. Все остальные переключатели выключены. При включении первой клавиши слышен самый низкий звук. Высокие частоты ослаблены. Попытайтесь их еще больше ослабить путем включения дополнительного конденсатора. Выключаем первую клавишу и включаем вторую клавишу переключателя. Тембр звука становится несколько выше. Громкость звучания при включении поочередно первой и второй клавиш должна быть одинаковой. Это очень важно и достигается подбором резисторов. Таким же образом налаживается работа переключателей П2 и П3.

После проведения всей работы темброблок вставляется в специальное гнездо и закрепляется в нем небольшими шурупами.

**Налаживание блока регулирования громкости звука** должно быть проведено раздельно по всем каналам.

Здесь прежде всего необходимо обратить внимание на плавность увеличения громкости без срывов и скачков звука. Не должно быть шорохов и других посторонних шумов. Потенциометры, не удовлетворяющие этим требованиям, должны быть заменены другими.

Во время налаживания электрогитары, последняя должна быть не менее чем в трех метрах от усилителя (акустического агрегата).

## 7. НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ УСИЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Эстрадный агрегат представляет собой трехканальную звуковоспроизводящую систему с двухканальным усилителем мощности и приставкой, позволяющей получать несколько музыкальных эффектов; предназначен для работы в составе ансамбля с электрогитарой соло и с вокальной программой.

Акустическая система имеет мощность громкоговорителей по первому каналу полосы 18 вт, по второму 10 вт и по третьему 3 вт. Агрегат воспроизводит звуковые частоты в полосе 30 гц — 15 кгц с неравномерностью до 2 дб. Усилитель имеет два входа с раздельной регулировкой их громкости. Чувствительность первого входа 10 мв (микрофон), второго 30 мв (электрогитара соло). Полоса усиливаемых звуковых частот от 20 гц до 20 кгц с неравномерностью на краях не более ± 2 дб разделена на два канала с полосами 20—900 гц и 0,9—20 кгц. Номинальная выходная мощность усилителя первого канала 47—50 вт, второго канала 16—20 вт. Нелинейные искажения усилителя первого канала на частоте 100 гц при номинальной мощности составляют до 4%, второго канала на частоте 1000 гц— менее 1%.

Приставка позволяет получать такие эффекты, как вибрато с амплитудной и амплитудно-фазовой

модуляцией, искусственная реверберация и др. Питается установка от сети переменного тока 120, 127, 220 или 254 в, потребляемая мощность до 200 вт.

Конструктивно установка выполнена переносной, состоящей из двух мест: акустического агрегата с усилителями мощности и питанием (габариты 100x620x250 мм, вес 16,5 кгс) и приставки (габариты 500x300x200 мм, вес 3,9 кгс).

## 8. АКУСТИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ

Акустические особенности зала оказывают существенное влияние на верность воспроизведения музыкальных звуков. Одна и та же аппаратура будет звучать по-разному в различных помещениях. К акустическим особенностям зала относится его форма, объем и коэффициенты поглощения звука стенами, потолком и полом. Существенное влияние на коэффициент поглощения звука имеют находящиеся в помещении мягкая мебель, портьеры, шторы и т. п. Всякое помещение представляет собой сложную акустическую систему, обладающую рядом собственных резонансных частот, а при возбуждении в нем каких-либо звуков, содержащих составляющие таких же частот, возникают резонансные явления. Эти явления приводят к изменению спектрального состава звукового сигнала, т. е. к изменению тембра.

Большое помещение является более благоприятным для звуковоспроизведения, т. е. его основные резонансные частоты с увеличением размеров помещения понижаются и оказываются за пределами рабочего диапазона частот. Чем больше объем помещения, в котором должна работать звуковоспроизводящая установка, и чем больший уровень громкости, желательной при прослушивании, тем большей мощностью должна обладать эта установка. Мощность установки зависит также от коэф-

фициента звукопоглощения помещения и к. п. д. применяемых громкоговорителей. При постоянстве этих параметров (в одном и том же помещении, в котором будет работать установка) определение необходимой мощности установки — задача не столь трудная. В случае же, когда музыкант выступает в составе самодеятельного оркестра в различных помещениях и клубах, рассчитать необходимую мощность звуковоспроизводящей установки просто не представляется возможным. Выбор мощности установки (с некоторым запасом — 30%) сделан с учетом всех факторов для некоторой средней кубатуры помещения, и при этом мощность широкополосной звуковоспроизводящей системы составляет 18 вт.

Необходимой полосой частот звуковоспроизведения для электрогитары можно считать диапазон от 40 гц до 12 кгц, он складывается из полосы основных частот инструмента 40—2500 гц и обертонов, отодвигающих верхнюю границу воспроизводимых частот от 10—12 кгц. Распределение мощности в этой полосе частот складывается так, что до частоты 1 кгц падает до 70% всей мощности установки. Как правило, акустическая установка с высокой верностью воспроизведения состоит из двухполосных или трехполосных систем, в которых воспроизведение высших, средних и низших частот выполняется отдельными группами громкоговорителей. Такое разделение звукового спектра позволяет расширить полосу воспроизводимых частот акустической системой со значительно меньшими частотными и нелинейными искажениями, чем это можно было бы сделать при широкополосных громкоговорителях. К тому же широкополосные громкоговорители, перекрывающие весь спектр частот с малой неравномерностью в полосе, не выпускаются нашей промышленностью.

Соотношения номинальных мощностей в полосах воспроизведения распределяются в зависимости от

частот, на которых производится раздел полос. Так, например, для трехполосной системы с выбранными частотами раздела 900 гц и 5 кгц на частоте раздела 900 гц относительная мощность низкочастотной части составляет 0,9, среднечастотной 0,5, а высокочастотной 0,1 мощности широкополосной системы. При частоте раздела 1,5 кгц и 6 кгц относительная мощность низкочастотной части уже составляет 0,98, среднечастотной 0,4, а высокочастотной только 0,07. Как видно из приведенных данных, с повышением частоты раздела полосы высокочастотная часть спектра разгружается, а нагрузка на низкочастотную часть увеличивается. Снижение частоты раздела приводит к уменьшению интермодуляционных искажений, и выбор частот 900 гц и 5 кгц можно считать хорошим. Используя приведенные соотношения, можно определить мощность громкоговорителей, которую надо использовать в полосах. Эта мощность определится при умножении мощности установки, принятой ранее, на величину относительной мощности и составит для низкочастотной группы громкоговорителей 16,2 вт, для среднечастотной 9 вт и для высокочастотной группы 1,6 вт.

Наибольшая электрическая мощность необходима для первой полосы частот, и если учесть, что для выравнивания частотной характеристики агрегата в области самых низких частот до 500 гц появится необходимость акустического демпфирования, то электрическая мощность в этой полосе может составить до 40—50 вт. Для среднечастотной и высокочастотной полосы общая мощность не превысит 11 вт. Поэтому будет целесообразно построить двухканальный усилитель с соответствующим распределением мощности в каналах, а в нагрузке высокочастотного канала произвести разделение средних и высоких частот с помощью фильтров. Такое разделение будет способствовать ослаблению интер-

ференционных явлений, наблюдаемых при совместной работе нескольких громкоговорителей. Расчет элементов фильтра произведен по графикам, имеющимся в справочниках.

Чтобы устранить явление интерференции волн нижних частот спектра от передней и задней стороны диффузора, применяют различные виды внешнего оформления: акустический экран, открытый или закрытый ящик, фазоинвертор и т. п. Рассматривать все виды оформлений не имеет смысла, так как для условий эксплуатации необходим удобный в переноске и перевозке акустический агрегат, которым может являться ящик. Однако закрытый ящик плохо влияет на частотную характеристику излучения громкоговорителей. Упругость находящегося в ящике объема воздуха, особенно, если этот объем не слишком велик, складывается с упругостью подвижной системы громкоговорителя и повышает его основную резонансную частоту, кроме того, закрытый объем ухудшает частотную характеристику, вызывая резонансные явления на более высоких частотах. Для устранения этого явления применяют метод акустического демпфирования при правильно выбранном объеме ящика.

Выбор объема закрытого ящика производится исходя из диаметра диффузора низкочастотного преобразователя, так как новая резонансная частота громкоговорителя, установленного в закрытом ящике, сильнее зависит от диаметра диффузора, чем от объема ящика. Чем меньше диаметр диффузора и больше объем ящика, тем меньше повышается резонансная частота громкоговорителя. При установке в ящике нескольких преобразователей эквивалентный диаметр диффузора рассчитывается по формуле $D_э = \sqrt{\Sigma D_п^2}$, где $D_п$ – диаметры диффузоров громкоговорителей, устанавливаемых в ящике.

Соотношение размеров сторон ящика не имеет существенного значения, однако хорошо, если эти

соотношения удовлетворяют эстетическим требованиям.

Объем закрытого ящика можно определить по формуле $V = 125 D_э^2$ см³. Некоторое влияние на частотную характеристику оказывает внешняя конфигурация ящика вследствие эффекта дифракции (огибание волнами препятствий). Чем более тупые углы имеет передняя часть ящика, тем слабее сказывается этот эффект на частотной характеристике агрегата.

Следует остановиться на размещении акустических преобразователей в ящике. Их взаимовлияние ослабляется фронтальным расположением, что касается в особенности низкочастотной группы громкоговорителей. Излучение этой группы, как правило, более мощное и менее направленное, чем высокочастотной, к тому же низшие частоты меньше отражаются и поглощаются в помещении. Поэтому эту группу громкоговорителей следует располагать в нижней части агрегата, непосредственно над полом. К тому же низкое расположение преобразователей смягчает неприятный ударный эффект, появляющийся при воспроизведении резких низких частот. У высокочастотной группы громкоговорителей наблюдается обратная закономерность. Высшие звуковые частоты спектра обладают резко выраженной направленностью излучения, сильно поглощаются мягкими предметами и в то же время хорошо отражаются от поверхностей, обладающих малым коэффициентом поглощения. Отражение от стен и полов приводит к появлению зон с большой неравномерностью распределения звука. Создать в помещении удовлетворительное распределение высших звуковых частот оказывается возможным при четырех — шести высокочастотных излучателях, если расположить их над низкочастотными и в боковых стенках ящика.

Высокочастотные и среднечастотные громкоговорители не требуют для своей работы акустического

ящика, однако при работе их вместе с низкочастотными требуются определенные условия их установки. Размер отверстия в передней панели агрегата для установки среднечастотных излучателей должен быть равен полному размеру диффузора, включая гофры. Излучатель, воспроизводящий только высокие частоты, следует устанавливать в отверстие, диаметр которого больше диаметра диффузородержателя, прикрепив его к наружной стенке панели с помощью металлического или пластмассового кольца. Это позволит избежать ухудшения воспроизводимых частот из-за того, что перед диффузором за счет толщины панели образуется объем воздуха, уменьшающий подвижность системы громкоговорителя.

Излучатели средних и высоких частот должны быть закрыты сзади кожухом, способным устранить воздействие на эти громкоговорители излучения задней стороны диффузоров низкочастотных громкоговорителей. Материалом кожуха может быть гофрированный картон, оклеенный с двух сторон пористым или волокнистым материалом, например ватином. При установке кожуха надо обратить внимание на отсутствие щелей между кожухом и панелью. Объем такого кожуха должен превышать объем громкоговорителя не более чем в 1,5—1,8 раза, в противном случае в расчетном объеме ящика надо учесть это увеличение.

Выше рассматривалось возможное расположение в акустической системе громкоговорителей при условии их высокого качества. Имеющиеся в распоряжении радиолюбителей громкоговорители, как правило, вносят в систему воспроизведения наибольшие нелинейные искажения по сравнению с остальными звеньями воспроизводящего тракта. Громкоговоритель как электроакустический преобразователь имеет свою амплитудную характеристику, полосу пропускания, неравномерность в этой полосе, а следовательно, и нелинейные искажения. Многие

радиолюбители считают, что качество работы преобразователей определяется в первую очередь диапазоном рабочих частот, однако это не совсем так. После достижения определенных пределов резко возрастает коэффициент нелинейных, фазовых и интермодуляционных искажений, сильно падает звуковое давление. Падение звукового давления особенно заметно на нижних частотах диапазона, и только специальная конструкция самого преобразователя способна устранить это явление. Амплитуда колебаний диффузора для самых нижних частот может доходить до 20—30 и более мм и с увеличением частоты убывать пропорционально квадрату частоты. На самых нижних частотах резко нарушается пропорциональность между величиной подводимого к преобразователю электрического напряжения и величиной развиваемого им давления, т. е. сказывается нелинейность амплитудной характеристики. Получающиеся нелинейные искажения зависят в основном от равномерности распределения магнитной индукции вдоль зазора, где расположена звуковая катушка, и прямолинейности перемещения диффузора с центрирующей шайбой.

При линейности амплитудной характеристики на всех частотах в пределах передаваемого диапазона форма звуковых колебаний будет соответствовать форме электрических колебаний, в противном случае форма звуковых колебаний искажается, возникают гармоники, комбинационные частоты, искажающие звучание. В преобразователях, воспроизводящих широкую полосу частот, возникают особые искажения, так называемые интермодуляционные, или искажения от взаимной модуляции двух частот, из которых одна значительно выше другой. Устранение таких искажений может быть осуществлено многополосной системой звукового воспроизведения.

Существует еще один показатель акустического преобразователя — способность воспроизводить зву-

ки импульсного характера, такие, например, как удар по струне. Эта способность определяется переходными характеристиками и заключается в точности преобразования электрического импульса в звуковой, т. е. в сохранении формы и длительности импульса. Эта характеристика преобразователя зависит от подвижной системы, от ее электромеханического демпфирования, фактически от величины тормозящего усилия. Недостаточное демпфирование проявляется наличием на частотной характеристике всплесков и провалов, т. е. появлением нескольких резонансных частот. На резонансных частотах импульс сигнала искажается собственными колебаниями системы. Величина тормозящего усилия складывается из индуктированной в подвижной катушке преобразователя противо-э. д. с. и механических потерь на трение. Противо-э. д. с. создает ток в цепи, противодействующий перемещению катушки подвижной системы. Этот ток тем больше, чем меньше выходное сопротивление усилителя (выше его качественный показатель). Следует указать, что выбор способа соединения однотипных громкоговорителей для совместной работы почти не влияет на взаимное электрическое демпфирование.

Неравномерность частотной характеристики определяется в децибеллах разностью уровней наибольшего и наименьшего значения величины звукового давления. Для массовых электродинамических громкоговорителей эта разница может составлять 12 — 18 дб.

Усовершенствование конструкции электродинамических громкоговорителей не под силу самим радиолюбителям. Как показывает практика, применение электродинамических громкоговорителей, выпускаемых нашей промышленностью, возможно при достаточно эффективном демпфировании излучения. Широко распространен метод акустического демпфирования. Сущность его заключается в том, что для выравни-

вания частотной характеристики системы вводят сопротивление, которым является воздух, находящийся в закрытом объеме агрегата. Такое демпфирование устраняет нежелательные резонансные явления и сглаживает частотную характеристику в области нижних частот. Используется несколько способов введения сопротивления. Один из них заключается в том, что громкоговоритель устанавливают в закрытом объеме, заполненном хлопчатобумажной, минеральной или стеклянной ватой. Эта вата заполняет весь объем ящика вплоть до громкоговорителя, причем плотность заполнения ватой зависит от ее пористости и особенностей ящика и громкоговорителей. Диффузоры громкоговорителей защищаются от касаний ваты марлевым чехлом. В другом случае применяют панель акустического сопротивления, устанавливаемую на задней стенке ящика против размещенных в нем низкочастотных громкоговорителей. Панель акустического сопротивления изготавливается из двух листов фанеры каждый толщиной 3—4 мм, в которых соосно просверливаются отверстия диаметром 30 мм. Между листами помещается один слой туго натянутой демпфирующей ткани. Листы фанеры прочно скрепляются между собой. Суммарная площадь отверстий на панели сопротивления должна составлять не менее 40% площади диффузоров низкочастотных громкоговорителей.

Акустическое демпфирование в любом исполнении значительно ослабляет воспроизведение низких частот, поэтому для компенсации завала частотной характеристики агрегата приходится корректировать частотную характеристику усилителя. В этом случае усилитель должен иметь запас по мощности в несколько раз.

По предложению кандидатов технических наук Ю. Митрофанова и А. Пикерсгиль (журнал "Радио", 1970 г., № 5) для демпфирования излучения

громкоговорителя применяется косвенный метод. Для неидеального акустического преобразователя (развиваемое звуковое давление не пропорционально подводимому напряжению) можно применить электромеханическую отрицательную обратную связь, которая при достаточной глубине приблизит свойства реального громкоговорителя к идеальному. В этом случае электромеханическая обратная связь представляет собой отрицательную обратную связь от развиваемого громкоговорителем давления к входному напряжению.

Первичным преобразователем, определяющим развиваемое звуковое давление, будет сам громкоговоритель, на звуковой катушке которого при работе развивается противо-э. д. с. Эту противо-э. д. с. выделяют с помощью мостовой схемы и при сбалансированном мосте на измерительной диагонали напряжение $U_m$ будет пропорционально противо-э. д. с. Это напряжение и будет напряжением обратной связи и при подаче на вход усилителя в противофазе (глубина связи 10—12 дб) будет решена задача охвата отрицательной обратной связью усилителя и акустического преобразователя. В цепь обратной связи необходимо включить корректирующую цепочку для компенсации возрастания напряжения обратной связи с увеличением частоты. Такое возрастание обусловлено принципом действия электродинамического преобразователя скоростного типа, противо-э. д. с. которого при постоянной амплитуде колебаний, с увеличением частоты возрастает по линейному закону.

Исследования Ю. Митрофанова и А. Пикерсгиль показали высокую эффективность такого метода. Это позволило получить у серийных громкоговорителей равномерное звуковое давление во всем рабочем диапазоне частот и расширило этот диапазон в области низких частот до 30—40 гц, причем сам громкоговоритель был помещен в достаточно малый

замкнутый объем. Исследования показали также значительное уменьшение искажений сигнала большого уровня и возможность работы двух и более однотипных громкоговорителей, заключенных в один объем.

Безусловно, описанный метод имеет свои недостатки. К ним следует отнести сложность и необходимость большой точности балансировки мостовой схемы, выделяющей сигнал обратной связи. Кроме того, нежелательно применение в усилителе глубокой отрицательной обратной связи, охватывающей весь усилитель, так как это снижает эффективность электродинамической обратной связи.

В описываемой установке был применен косвенный метод демпфирования излучения громкоговорителей низкочастотной полосы воспроизведения. По оценке музыкантов применение этого метода демпфирования дало четкость и упругость звуков при ударе по струне, отсутствие дребезжаний при самых низких частотах. Полученные результаты признаны хорошими.

Ящик акустического агрегата имеет размеры 1000 x 620 x 250 мм.

В качестве основы ящика служат рамки, связанные из брусков сосны с шириной сечения 25—30 мм. К ним и крепятся с помощью шурупов и клея боковые панели ящика, материалом для которых служит фанера толщиной 8 мм. По углам фанерные панели соединяются шипами, а с внутренней стороны ящика для придания конструкции большей прочности вставляются так называемые сухари. Острые кромки боковых поверхностей ящика притупляются. Зачищенная наружная поверхность ящика оклеивается ледерином с загибом материала внутрь ящика на 15—20 мм. К основанию ящика приклеиваются две планки, служащие ножами.

Весьма подходящим материалом для изготовления передней стенки ящика является древесноволокнистая

плита толщиной 20—25 мм. После вырезки отверстий для громкоговорителей и подгонки по размерам ее наружная сторона оклеивается оберточной бумагой, причем особенно аккуратно у краев выпиленных отверстий. Затем натягивается радиоткань. Приклеивание радиоткани производится с обратной стороны лицевой части доски. По периметру торца доски натягивается белая полихлорвиниловая трубка диаметром 10—20 мм так, чтобы она на 1—2 мм выступала за плоскость радиоткани, образуя кант. В таком виде доска вставляется в подготовленный ящик и крепится шурупами с внутренней стороны через раму — основу ящика.

Для уменьшения вибрации, отражения звука от внутренних поверхностей ящика и интерференции звуковых волн необходимо применять звукопоглощающие покрытия. Для этого следует применять материал, обладающий пористым или волокнистым строением, причем от толщины этого материала зависит его звукопоглощающая способность.

Хорошими звукопоглощающими свойствами обладает пористый эластичный материал пенополиуритан (поролон), который продается в виде ковриков, губок и т. п. Эти коврики толщиной 15—25 мм удобно применить в качестве вибро- и звукопоглощающего покрытия. Покрытие приклеивается на всю внутреннюю поверхность ящика клеем № 88.

Перед установкой громкоговорителей в подготовленный ящик необходимо вырезать острым ножом в поролоне отверстия под громкоговорители. Поролон, зажатый шурупами между диффузородержателем и передней панелью, служит вибрационной прокладкой. На громкоговорители средних и высоких частот надеваются кожухи, которые крепятся шурупами.

Задняя стенка ящика представляет собой рамку из брусков сосны сечением 25х30 мм и является несущей конструкцией для двух плат с оконечными усилителями. Платы усилителей прикрепляются к рамке

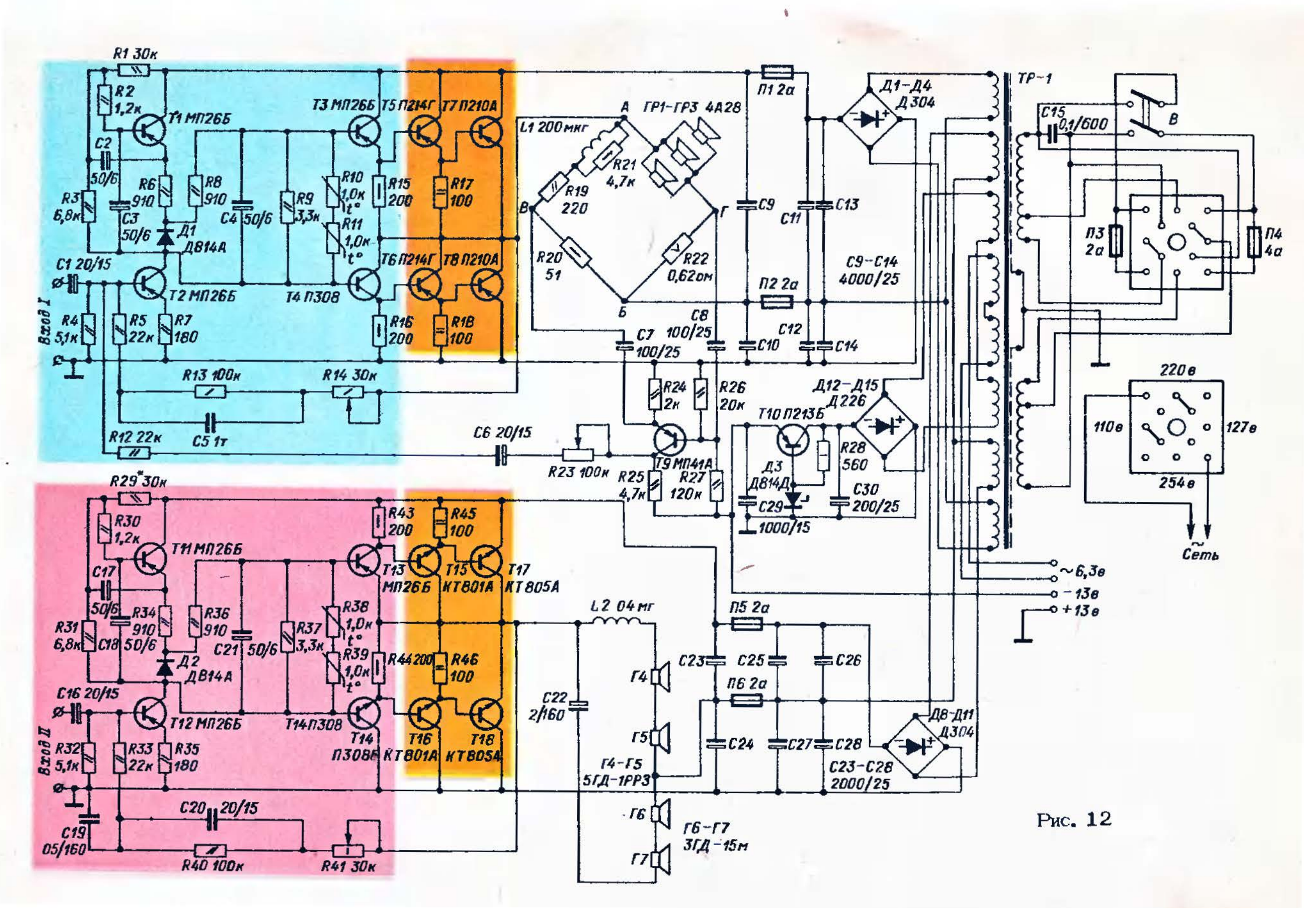
через прокладку из губчатой резины толщиной 6 мм так, что радиаторы транзисторов мощных каскадов не выходят за габариты брусков рамки. Верхняя и нижняя части рамки остаются свободными и драпируются радиотканью. Рамка крепится в гнезде шурупами к брускам обвязки ящика. Агрегат переносится за две ручки, прикрепленные к боковой стенке ящика.

## 9. УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ И БЛОК ПИТАНИЯ

Высокие требования, предъявляемые к современным звуковоспроизводящим системам, заставили искать новые пути повышения качественных показателей всех звеньев. Одним из основных звеньев этой системы является усилитель. Применение многоканальных усилителей, в которых весь диапазон воспроизводимых частот разделен на отдельные каналы сразу же после каскадов предварительного усилителя, позволяет приблизиться к удовлетворению этих требований. В описываемом усилителе вся полоса частот разделена на два канала. Граничные частоты раздела каналов, необходимые мощности каналов определены при проектировании акустической системы.

Оконечные блоки каналов низших и высших частот имеют технологически идентичные схемы, описание специфических особенностей каждой схемы будет дано ниже. Схема оконечных каскадов показана на рис. 12.

Схема оконечного каскада выполнена так, что транзисторы по постоянному току включены последовательно и напряжение источника питания делится между ними поровну. Вместе с тем по переменному току они работают по двухтактной параллельной схеме. Эта схема выгодно отличается от обычной двухтактной тем, что при параллельном включении



R1 30к
R2 1,2к
T1 МП26Б
C2 50/6
R3 6,8к
C3 50/6
R6 910
R8 910
Д1 ДВ14А
C4 50/6
R9 3,3к
T3 МП26Б
T5 П214Г
T7 П210А
R10 1,0к t°
R11 1,0к t°
R15 200
R17 100
T6 П214Г
T8 П210А
C1 20/15
T2 МП26Б
T4 П308
Вход I
R4 5,1к
R5 22к
R7 180
R16 200
R18 100
R13 100к
R14 30к
C5 1т
R12 22к
C6 20/15
R23 100к
L1 200 мкг
R21 4,7к
R19 220
ГР1-ГР3 4А28
А
Б
В
Г
R20 51
R22 0,62ом
C7 100/25
C8 100/25
R24 2к
R26 20к
T9 МП41А
R25 4,7к
R27 120к
П1 2а
П2 2а
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C9-C14 4000/25
Д1-Д4 Д304
ТР-1
C15 0,1/600
В
П3 2а
П4 4а
Д12-Д15 Д226
T10 П213Б
R28 560
Д3 Д814Д
C29 1000/15
C30 200/25
220в
110в
127в
254в
Сеть
~6,3в
-13в
+13в
R29* 30к
R30 1,2к
T11 МП26Б
C17 50/6
R31 6,8к
C18 50/6
R34 910
R36 910
Д2 ДВ14А
C21 50/6
R37 3,3к
R38 1,0к t°
R39 1,0к t°
R43 200
R45 100
T13 МП26Б
T15 КТ801А
T17 КТ805А
R44 200
R46 100
C16 20/15
T12 МП26Б
T14 П308
T14 П308Б
T16 КТ801А
T18 КТ805А
Вход II
R32 5,1к
R33 22к
R35 180
C19 05/160
C20 20/15
R40 100к
R41 30к
L2 04 мг
C22 2/160
Г4
Г5
Г4-Г5 5ГД-1РР3
Г6
Г7
Г6-Г7 3ГД-15м
П5 2а
П6 2а
C23
C24
C25
C26
C27
C28
C23-C28 2000/25
Д8-Д11 Д304

Рис. 12

транзисторов по переменному току общее внутреннее сопротивление каскада оказывается в четыре раза меньше (транзисторы работают как эмиттерные повторители). Использование такой схемы позволяет оконечному каскаду работать непосредственно на акустический преобразователь, минуя согласующие элементы в виде трансформаторов.

Выбор транзисторов для оконечного каскада определяется необходимой выходной мощностью. Выходная мощность, в свою очередь, определяется величиной питающих напряжений и ограничивается, главным образом, энергетическими возможностями транзисторов. Кроме того, выходная мощность увеличивается при уменьшении сопротивления нагрузки и ограничивается величиной, при которой ток оконечного каскада достигает максимальной величины. Как следствие, при коротком замыкании в цепи нагрузки неизбежен выход из строя транзисторов оконечного каскада.

Учитывая величину нагрузки оконечного каскада и потерю мощности при демпфировании громкоговорителей низкочастотного канала, нужную мощность усилителя можно получить, используя транзисторы П210А в оконечном каскаде и П214Г в предоконечном. Величина питающих напряжений при этом должна составлять 21—23 в, а величина напряжения, поочередно воздействующего на транзисторы этих каскадов, будет 42—46 в, что по техническим условиям допустимо.

Для второго канала усилителя при использовании транзисторов КТ805А в оконечном каскаде и КТ801А в предоконечном получение нужной мощности обеспечивается с запасом.

При выборе транзисторов для оконечного и предоконечного каскадов обоих каналов следует учесть граничную частоту усиления и максимальную частоту разделения каналов. В первом частотном канале при верхней граничной частоте канала 900 гц возможно

применение в оконечном каскаде транзисторов П210А, а в предоконечном каскаде — П214Г, так как граничная частота усиления в схеме с общим коллектором для этих транзисторов в 2—3 раза превышает граничную частоту канала. Для второго частотного канала на том же основании выбраны транзисторы КТ805А для оконечного каскада и КТ801А для предоконечного каскада.

Качественные показатели усилителя во многом зависят от симметрии плеч каскада, работающего по двухтактной схеме. Симметрия плеч обеспечивается идентичностью транзисторов, работающих в каскаде. Для этого их подбирают в пары. Практически парами можно считать транзисторы, у которых коэффициенты передачи тока отличаются друг от друга не более чем на 1—3%. Коэффициент передачи тока транзисторов выбирается равным 40—60, так как большие значения этого коэффициента приводят к неустойчивой работе усилителя.

Перед оконечным каскадом в схеме расположен каскад, предназначенный для усиления сигналов по мощности, необходимой для раскачки оконечного каскада и повышения его входного сопротивления.

Схема фазоинверсного каскада с двумя транзисторами разной проводимости в сочетании с двухтактным каскадом наиболее целесообразна, так как последовательное включение двух транзисторов обеспечивает получение на выходе его двух противофазных идентичных напряжений. Такая схема фазоинвертора по существу работает как каскад с разделенной нагрузкой.

Выбор транзисторов для фазоинверсного каскада осуществляется исходя из равенства их допустимых мощностей рассеяния и допустимых напряжений коллектор — эмиттер. Выбраны транзисторы МП26Б и П307. Подбор пар транзисторов осуществлялся по коэффициенту передачи тока так же, как и подбор мощных транзисторов.

Как видно из принципиальной схемы (рис. 12), в разных каналах усилителя фазоинвертор построен по-разному. Если в первом канале транзистор Т3 работает как эмиттерный, а транзистор Т4 как коллекторный повторитель, то в схеме второго канала они поменялись местами. Это вытекает из необходимости применения транзисторов разной проводимости в предоконечных и оконечных каскадах.

На вход фазоинверсного каскада подается синфазный сигнал большой амплитуды с усилителя напряжения, собранного на транзисторе Т2. Связь между этими каскадами непосредственная, так как напряжение на базах транзисторов фазоинвертора практически не отличается от напряжения на их эмиттерах и равно половине напряжения источника питания. Особенностью схемы усилителя напряжения является использование дополнительного каскада на транзисторе Т1, выполняющего функции динамической нагрузки для входного транзистора Т2.

По сравнению с резисторным каскадом, у которого величина сопротивления коллекторной нагрузки постоянна, усилитель с динамической коллекторной нагрузкой позволяет изменять ее в такт с усиливаемым сигналом, что придает такому каскаду ряд ценных качеств. К ним относятся: большой коэффициент усиления по мощности, высокая чувствительность, постоянство напряжения в точке соединения транзисторов при температурной нестабильности и изменении питающих напряжений. Постоянство напряжения в точке соединения каскадов при температурной нестабильности объясняется одинаковым приращением коллекторного тока обоих транзисторов (при идентичности их характеристик). Токи коллекторов обоих транзисторов устанавливаются одинаковыми с точностью до 1—2 ма путем подбора резисторов в цепях их баз.

Нелинейные искажения в усилителе зависят от величины тока покоя мощного каскада. Наличие

этого тока необходимо для устранения специфических искажений сигнала (типа ступеньки), возникающих из-за начальной нелинейности тока коллектора. Выбор больших значений тока покоя приводит к потере выходной мощности и к бесполезному нагреву транзисторов. Поэтому ток покоя оконечного каскада выбирается 10—25 ма. В рассматриваемой схеме ток покоя создается установкой начального смещения на базах фазоинверсного каскада за счет тока, протекающего в цепи нагрузки транзистора Т2, и это удобно, так как связь между каскадами непосредственная. Однако такая зависимость напряжения смещения от тока, протекающего в цепи транзистора Т2, пагубно скажется на температурной стабильности оконечного каскада и величине нелинейных искажений.

Один из способов получения стабилизированного смещения заключается в применении стабилизатора в цепи нагрузки транзистора Т2. Для этого используется кремниевый диод Д814А, включенный в прямом направлении. Получаемое за счет диода смещение, равное приблизительно 0,6 в, очень мало будет зависеть от тока транзистора Т2. Это смещение через делитель, состоящий из резисторов R8, R9 и R10, подается на базы транзисторов фазоинверсного каскада.

С повышением температуры окружающей среды ток покоя мощных транзисторов увеличивается, вызывая дополнительный нагрев, а значит дальнейшее уменьшение входного сопротивления транзисторов и увеличение тока $I_{к.0}$ и коэффициента усиления по току $\beta$. Для предотвращения теплового пробоя мощных транзисторов необходимо, чтобы напряжение смещения уменьшалось с увеличением температуры. Для этой цели в цепь смещения введены термокомпенсирующие элементы — терморезисторы R9, R10. Эти элементы укрепляются на радиаторах мощных транзисторов и, имея с ними одинаковую

температуру, обеспечивают изменение напряжения смещения в зависимости от температуры. Вся цепь делителя, обеспечивающая получение напряжения смещения, блокирована по переменному току конденсатором большой емкости.

Все четыре каскада усилителя мощности связаны между собой гальванически, что способствует улучшению амплитудно-фазовых характеристик усилителя, а также позволяет осуществить их совместную стабилизацию с помощью отрицательной обратной связи по напряжению. Обратная связь охватывает усилитель как по переменному, так и по постоянному току и осуществляется с выхода усилителя мощности через делители, состоящие из резисторов R4, R5 и R16, R18, на вход усилителя напряжения. Такая обратная связь способствует уменьшению нелинейных искажений усилительного тракта, а также уменьшает выходное сопротивление оконечного каскада, благодаря чему величина его нагрузки становится некритичной. В цепи обратной связи есть и частотозависимые звенья, предназначенные для формирования полосы воспроизводимых частот каналов.

Следует отметить, что для достижения температурной стабильности усилителя и для защиты от теплового пробоя выходных транзисторов необходимо, чтобы радиаторы транзисторов П210А имели площадь охлаждения 800 см$^2$, а радиаторы транзисторов КТ805А — 500 см$^2$. Транзисторы предоконечных каскадов радиаторов не требуются, однако лучше, если их установить на радиаторы (площадью до 100 см$^2$), избегая тепловой связи с радиаторами оконечных каскадов. Сопротивления резисторов в нагрузке предоконечного каскада не должны превышать 100 ом, а в нагрузке фазоинверсного каскада 300 ом. Компенсирующие температуру элементы — резисторы ММТ-12 — следует устанавливать на радиаторах мощных выходных транзисторов. Это устраняет опасность теплового пробоя,

а также предохраняет усилитель от резкого увеличения тока покоя при низких температурах, возникающего вследствие тепловой инерционности мощных транзисторов и компенсирующих элементов.

Блок питания установки состоит из трех выпрямителей, два из которых обеспечивают постоянное напряжение ± 46 в при токе 2,2 а и 1,3 а (со средней точкой для питания усилителей мощности), а третий обеспечивает постоянное стабилизированное напряжение 13 в при токе 0,15 а для питания предварительного усилителя. Кроме того, блок обеспечивает переменное напряжение 6,3 в при токе 1—1,2 а для питания лампочек сигнализации.

Принципиальная схема блока питания показана на рис. 12, совместно с усилительным блоком. Применение в фильтре выпрямителя с большой емкостью конденсаторов позволило отказаться от стабилизации напряжения, питающего усилители мощности. Для получения стабилизированного напряжения 13 в использован отдельный выпрямитель, работающий по мостовой схеме, со звеном стабилизации. Стабилизатор состоит из транзистора П213Б и стабилитрона Д814Д, обеспечивающего опорное напряжение.

В блоке питания применен силовой трансформатор типа ТС-200 от телевизионных приемников "Сигнал", "Волна" и т. п. Для получения на выходе выпрямителя нужных напряжений все обмотки силового трансформатора, кроме сетевой и экрана, следует перемотать.

Вторичные обмотки состоят из двух секций. Каждые пары располагаются на разных катушках и при монтаже соединяются последовательно. Вторая и третья секции содержат по 57 витков провода ПЭВ-1 диаметром 1,3 мм; четвертая секция состоит из 25 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,6 мм. Пятая секция состоит из 11 витков провода ПЭВ-1 диаметром 1 мм.

Переключение блока для питания от сети переменного тока разного напряжения осуществляется с помощью колодки. Каждое из четырех положений колодки относительно фиксатора соответствует одному из значений питающего напряжения: 110, 127, 220, 254 в. Весь блок расположен в ящике акустического агрегата, где трансформатор крепится к боковой стенке ящика, выпрямительные диоды, конденсаторы и радиатор транзистора расположены на плате, которая крепится к основанию ящика через амортизационные прокладки. Плата имеет размеры 140x220 мм. Радиатор транзистора имеет площадь охлаждения до 100 $см^2$.

Расположение радиаторов транзисторов вне ящика акустического агрегата вызвано необходимостью охлаждения транзисторов оконечных каскадов блоков. Остальные детали блоков для зашиты от механических повреждений располагаются внутри ящика.

Конструктивно блоки выполнены каждый на своей плате из листового материала толщиной 2—3 мм. В качестве листового материала может быть использован любой изоляционный материал или металл, например, алюминий. При использовании металла необходимо обеспечить отсутствие электрического контакта между радиаторами всех транзисторов и платой; сама плата электрически соединяется с общим проводом.

На передней части платы через прокладки толщиной 4 мм укрепляются радиаторы мощных транзисторов. На задней стороне расположены радиаторы транзисторов предоконечного каскада, планка с контактами для подключения питающих входных и выходных напряжений и плата с монтажом транзисторов малой мощности. Расположение деталей и размеры платы указаны на рис. 13. По краям платы приклеена амортизационная прокладка, выполненная из губчатой резины толщиной 6 мм и шириной 10 мм. На рис. 14, а показана плата с мон-

А
А
П210А
П210А
220
10
520
А-А
2
4
1
2,0
32
2
3

Рис. 13

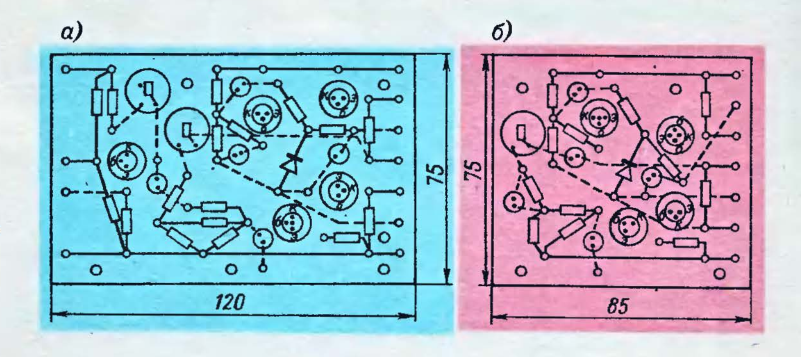



Рис. 14

тажом первого канала усилителя, на рис. 14, б — второго канала.

Через амортизационную прокладку плата крепится к раме акустического агрегата шурупами, также имеющими амортизационные прокладки. Плата для монтажа транзисторов малой мощности изготавливается из гетинакса или стеклотекстолита толщиной 1—1,2 мм. Расположение деталей на этой плате показано на рис. 13, где 1—плата; 2 — радиаторы; 3 —резина губчатая 10 x 6 мм; 4 — плата с монтажом. Установленные детали и транзисторы должны быть приклеены к плате клеем БФ-2 для устранения возможности их вибрации. После окончания настройки блока желательно покрыть плату с монтажом лаком Э4100 или аналогичным лаком, полимеризующимся при комнатной температуре.

Настройку усилительного блока следует начинать с симметрирования выходных каскадов, которое производится изменением величины сопротивления резисторов R18 и R38 соответственно так, чтобы миллиамперметр, включенный между средней точкой выходных транзисторов и общей точкой (вместо нагрузки), показал ток, равный нулю. Вход усилителя при этой операции должен быть замкнут по переменному току.

Установка начального тока оконечного каскада производится при подключении эквивалента нагрузки к выходу усилителя. Эквивалентом нагрузки служит проволочный резистор типа ПЭВ достаточной мощности. Величина сопротивления эквивалента должна соответствовать величине активного сопротивления нагрузки усилителей. Параллельно эквиваленту нагрузки подключается осциллограф СИ-1 или аналогичный ему. На вход усилителя подается сигнал генератора ЗГ-12 или аналогичного ему с частотой для первого канала 500 гц, для второго 2 кгц и с амплитудой 100—300 мв. При наличии искажений типа ступеньки на выходном сигнале (форма сигнала

наблюдается на осциллографе) необходимо увеличить номинал шунтирующих резисторов R9, R10 и R32, R33 соответственно так, чтобы этот вид искажений не наблюдался. Величина начального тока оконечного каскада проверяется при закороченном входе усилителя по переменному току в цепях коллекторов. Следует учесть, что большой ток покоя нежелателен, так как способствует увеличению мощности рассеивания.

Глубина отрицательной обратной связи проверяется по следующей методике: на вход усилителей первого и второго каналов подается сигнал генератора с амплитудой 100 мв частотой 500 гц и 2 кгц соответственно. На выход усилителя параллельно эквиваленту нагрузки подключается осциллограф типа СИ-1 и производится замер величины выходного напряжения с помощью калибратора, затем провод цепи отрицательной обратной связи размыкается с выходом усилителя и подключается к общему проводу. Необходимо учесть, что такое переключение можно производить только при выключенном питании усилителя. После переключения замер выходного напряжения повторяется. Отношение выходных напряжений по второму и первому замеру даст коэффициент отрицательной обратной связи.

На частоте F= 900 гц производится корректировка полосы пропускания первого канала усилителя. Цепь обратной связи восстанавливают, не меняя схемы подключения приборов, а параллельно резистору R16 включают конденсатор с указанной в схеме величиной емкости. При этом включении выходное напряжение усилителя должно уменьшиться в 2 раза по сравнению с его значением без конденсатора. Эта корректировка необходима при действии электромеханической отрицательной обратной связи и ограничении полосы первого канала усилителя.

Для измерения номинальной выходной мощности усилителя оставляют ту же схему подключения

измерительных приборов и на частоте для первого канала F = 500 гц, а для второго • F = 2 кгц производят измерения. Увеличивая выходное напряжение генератора до тех пор, пока наблюдаемые на экране осциллографа СИ-1 колебания не будут ограничиваться, можно производить отсчет выходного напряжения. Подставляя величину полученного напряжения в выражение $P = U^2/R$, где R — величина эквивалентной нагрузки усилителя, определяем выходную мощность блока.

Измерение нелинейных искажений в любительских условиях — довольно трудная задача, требующая применения специальной аппаратуры. Исследовать визуально форму колебаний на выходе усилителя можно с помощью осциллографа, однако для определения истинного значения нелинейных искажений необходим измеритель нелинейных искажений типа ИНП-12 и генератор ЗГ-33 или аналогичные им.

Снятие частотной характеристики усилителя производится по схеме предыдущего измерения. Величину выходного напряжения генератора 300 мв оставляют неизменной на все время измерения, а для первого и второго каналов изменяют частоту в интервале от 20 до 1500 гц и от 700 гц до 15 кгц соответственно. В этих точках измеряют выходное напряжение усилителя. По полученным данным строят частотную характеристику. Частотная характеристика усилительного блока должна быть линейной в диапазоне полосы пропускания усилителя и иметь завал на ее краях не более 3 дб.

Проверка и налаживание акустического агрегата производятся после окончательной проверки и доведения усилителей до требуемых параметров. Она сводится к проверке правильности фазировки всех громкоговорителей, балансировки моста электромеханической обратной связи и к выявлению и устранению вибраций ящика агрегата.

Фазировку громкоговорителей рекомендуется производить с помощью источника постоянного тока, например гальванического элемента типа "Марс 373", визуально или на ощупь. В момент включения или выключения элемента, подсоединяемого к громкоговорителю, все диффузоры правильно сфазированных громкоговорителей должны двигаться в одну сторону. Выводы тех громкоговорителей, диффузоры которых двигаются в другую сторону, придется поменять местами. Это относится ко всем громкоговорителям независимо от того, в каком канале усилителя они работают.

Для выявления посторонних призвуков и вибраций агрегата на вход первого усилителя от звукового генератора подается сигнал такой величины, чтобы к акустическому агрегату оказалась подведена номинальная электрическая мощность. После этого, поддерживая уровень сигнала на нагрузке, медленно изменяют частоту генератора в диапазоне первого канала полосы и внимательно слушают звук, воспроизводимый агрегатом. Этот субъективный метод (на слух) весьма эффективен. Такая же операция производится со вторым усилителем в его полосе частот. При появлении на какой-либо частоте резонансных явлений прекращают изменение частоты генератора и устраняют выявленный дефект. Таким образом необходимо прослушать агрегат на всех частотах вплоть до верхней границы полосы пропускания.

У громкоговорителей источником вибраций может быть задевание выводных проводов звуковой катушки о диффузор или корпус, что легко устранимо подгибанием выводных проводов. Трение звуковой катушки при больших амплитудах о керн магнитной системы и порванный диффузор громкоговорителя — неустранимые дефекты и требуют замены устройств. У усилителя, расположенного в агрегате, почти всегда источник призвуков и дребезжаний находится в

составных узлах конструкции или в слабо закрепленных деталях. В таком случае эти узлы и детали надо найти простым прикосновением руки (сбивая их резонанс) и устранить причины, их вызвавшие. Выявление посторонних призвуков и вибраций — работа очень трудная, но нужная, так как установка изготавливается в радиолюбительских условиях.

Первичная настройка мостовой схемы электромеханической обратной связи может быть осуществлена по следующей методике. Достаточно мощный источиик постоянного тока с напряжением 1—1,5 в подключается в любой полярности к мостовой схеме в точках А и Б (рис. 12), отсоединенных от схемы усилителя. Таким источником тока может быть упоминавшийся ранее гальванический элемент типа "Марс 373" или любой другой. В измерительную диагональ моста в точках В и Г включается измеритель тока прибор АВО-5 или ТТ-1 (используется шкала измерения 3 ма). Изменяя сопротивление резисторов R2 и R3, добиваются минимального отклонения стрелки прибора. Для более точной настройки миллиамперметр переключают на шкалу измерения 300 мка и продолжают ту же операцию. Подгонка резисторов R2 и R3 осуществляется параллельной подпайкой к ним других резисторов. Работу можно считать законченной, когда ток в диагонале моста будет равен нулю, что соответствует балансу моста по постоянному току.

Балансировку моста по переменному току произвести гораздо сложнее. Для этого необходимо: восстановить схему соединения мостовой схемы с усилителем, отключить цепи обратной связи от точек В и Г, а диффузоры громкоговорителей низкочастотного канала затормозить. Операция по затормаживанию диффузоров громкоговорителей вносит немалые затруднения в работу по настройке, так как вынуждает снять ранее установленные

громкоговорители 4А-28. У всех этих громкоговорителей необходимо снять с помощью ацетона колпачки и в зазор между керном и катушкой вставить кусок киноленты, длина которого равна длине внутренней окружности звуковой катушки. После этого между кинолентой и керном магнитной системы вставляются куски киноленты, заклинивающие движение катушки в зазоре. Куски киноленты шириной 5—6 мм следует располагать в трех или четырех местах на равных расстояниях, чтобы не испортить центровку звуковой катушки. Убедившись, что катушки заклинены, можно приступать к настройке. В точках В и Г измерительной диагонали следует подключить низкоомные головные телефоны, затем включить питание оконечного блока мощного усилителя и подать на вход его от генератора ЗГ-12 или аналогичного ему сигнал с частотой F = 300 гц и амплитудой 100 мв. При отсутствии баланса моста по переменному току в головных телефонах будет слышен звук. Настройка производится индуктивностью (изменяют величину зазора в магнитопроводе). При пропадании слышимости в головных телефонах операцию следует повторить, увеличивая амплитуду сигнала на входе усилителя в 2—3 раза. При нулевой слышимости мост можно считать сбалансированным и следует восстановить схему агрегата, не забывая закрепить клеем БФ-2 зазор в магнитопроводе.

Сигналы электромеханической отрицательной обратной связи снимаются в точках В и Г мостовой схемы и через разделительные конденсаторы подаются на каскад усилителя, работающего по схеме с общим эмиттером. В нагрузке этого каскада предусмотрена регулировка глубины отрицательной обратной связи с помощью потенциометра R9.

Проверка работы электромеханической обратной связи сводится к следующему: на вход усилителя подается сигнал с генератора ЗГ-12, а на выходе

усилителя измеряется выходное напряжение в точках А и Б мостовой схемы. При постоянной амплитуде входного сигнала 300 мв изменяют частоту генератора от 30 до 500 гц. По шкале калибратора осциллографа СИ-1 отсчитывают значение выходного напряжения для каждой точки измерения. По полученным данным строят график зависимости $U_{вых}$ от частоты, наглядно показывающий действие электромеханической обратной связи.

## 10. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Многоканальный предварительный усилитель предназначен для согласования выходов различных источников сигнала с двумя усилителями мощности. Кроме того, в предварительном усилителе для получения нескольких дополнительных окрасок звука предусмотрено формирование сигналов источника, которое осуществляется в нескольких каналах.

Для совместной работы двух источников сигналов (микрофон и электрогитара) на входе усилителя предусмотрены отдельные каскады, обеспечивающие согласование их с источниками сигналов. Эти каскады имеют в своей цепи регуляторы уровня, позволяющие установить нужную амплитуду сигнала, снимаемую с согласующих каскадов.

На входе усилительного каскада, предназначенного для электрогитары, предусмотрена возможность параллельной работы усилительного входа и ограничителя сигналов. Это позволяет получить дополнительную окраску звука электрогитары, так называемый дисторбер.

Дальнейшее усиление сигналов происходит в четырех каналах, каждый из которых выполняет свои специфические функции. Первый из них усиливает и формирует характеристику в области низших частот, до 1 кгц. Второй выполняет те же функции, но в области средних и высших частот, до 15 кгц.

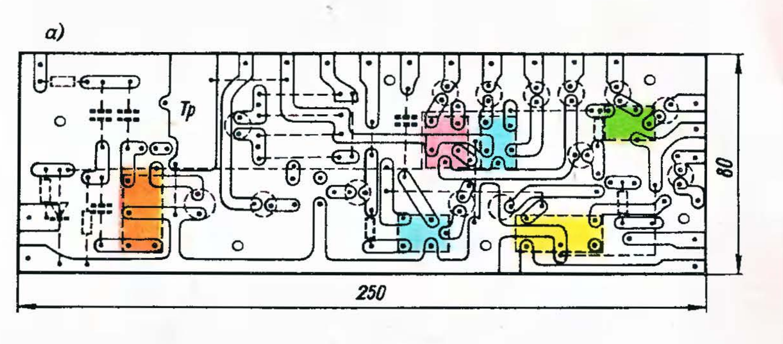
Третий канал является широкополосным, в его состав входят модулятор и генератор, обеспечивающие эффект вибрато с амплитудной или амплитудно-фазовой модуляцией. Четвертый канал также широкополосный, в его состав входит линия задержки, и предназначен он для создания эффекта реверберации.

Выходные сигналы всех четырех каналов поступают на пульт управления, где могут коммутироваться в определенной последовательности на два входа усилителей мощности. Так как установка предназначена для электрогитары, то микрофонный вход является побочным и может использоваться только с 1, 2 и 4-м каналами предварительного усилителя.

Конструктивно блок предварительного усилителя представляет собой отдельный переносный ящик, на передней панели которого размещаются ручки управления, переключатели, лампочки сигнализации и разъемы внешних соединений. Передняя панель ящика является вертикальной частью уголкового шасси, закрепляемого в деревянном корпусе невыпадающими винтами. На горизонтальной части этого шасси располагается плата усилителя и линия задержки.

Усилительная часть блока располагается на платах из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис. 15, а, б). Монтаж навесных элементов и установочных деталей на плате выполнен печатным способом. Устанавливаемые на плате функциональные узлы крепятся к плате своими выводами. Вставленные в отверстия платы выводы отгибаются, обрезаются по длине и припаиваются к печатным проводникам платы, при этом узел должен быть плотно прижат к плате. Электролитические конденсаторы типа К50-6 крепятся к плате своими выводами, однако их необходимо также приклеивать к плате клеем БФ-2. Для подключения к плате выносных элементов, потенциометров и переключателей, устанавливаемых на плате управления, в отверстия платы вставляются пустотелые контакты, которые развальцовываются и припаиваются к

проводникам платы. Печатный монтаж на плате может быть изготовлен любым известным и применяемым в радиолюбительской практике способом.



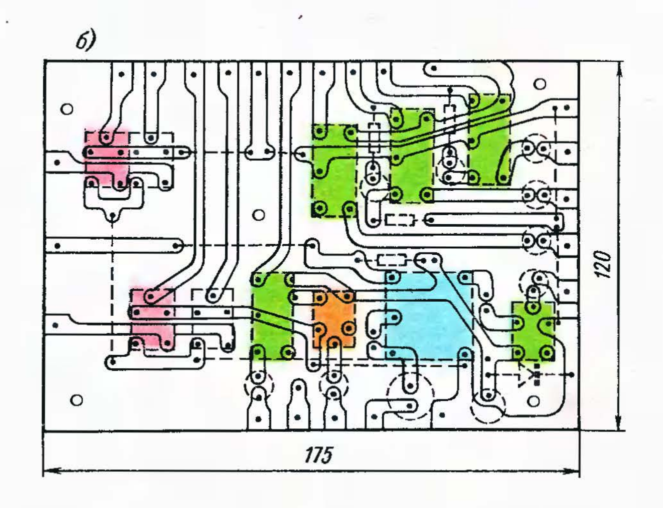




Рис. 15

Смонтированная плата устанавливается на колонках с резьбой высотой 40 мм и крепится к угловому шасси блока винтами. Линия задержки в описанной ниже упаковке крепится к горизонтальной части

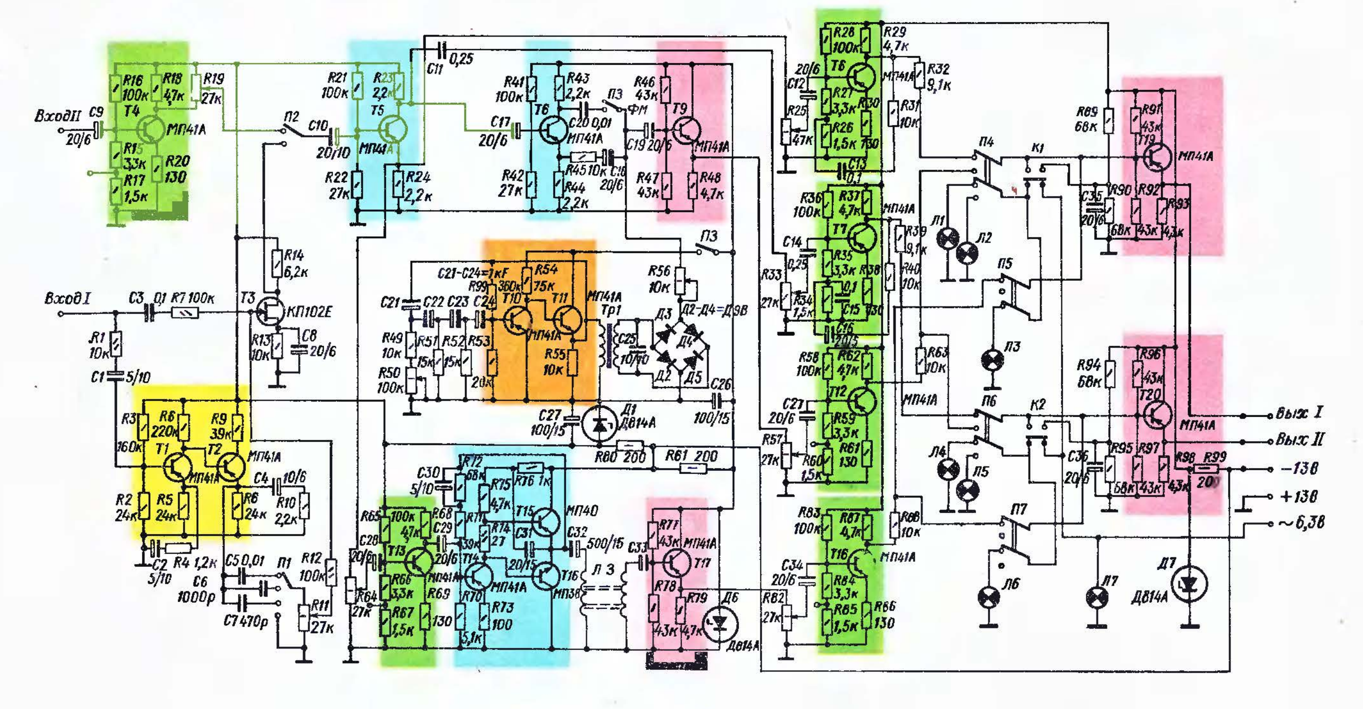

Вход II
Вход I
Вых I
Вых II
−13В
+13В
~6,3В
МП41А
КП102Е
МП40
МП38
Д814А
Д2-Д4=Д9В
C21-C24=1мкФ
Тр1
ФМ

Рис. 16

шасси скобами. Весь внутренний монтаж блока выполняется экранированным проводом. Во избежание замыканий в блоке провода собираются в жгут и оплетаются лентой.

Деревянный корпус блока размером 500x300 x x200 мм изготавливается из фанеры толщиной 8 мм. Корпус по углам собирается на шипах и клее. Задняя стенка изготавливается из фанеры толщиной 4 мм и приклеивается к торцу связанного корпуса. В углах корпуса вставляются сухари, к которым крепятся гайки невыпадающих винтов. Изготовленный и зачищенный корпус оклеивается ледерином. На нем укрепляются четыре резиновые приборные ножки и ручка для переноски.

Уголковое шасси изготавливается из листового алюминия толщиной 1 мм. Для придания панелям шасси большей жесткости кромки отгибаются внутрь под прямым углом, образуя ребра жесткости. Лицевая часть панели окрашивается. На панели устанавливаются разъемы, переключатели, потенциометры и лампочки световой сигнализации. К панели крепится декоративная накладка, на которой выгравированы надписи, указывающие назначение ручек управления.

Электрическая схема предварительного усилителя представлена на рис. 16.

## 11. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

При использовании музыкантом эффекта вибрато, особенно в лирических партиях, звучание инструмента становится богаче, разнообразнее. Известно несколько разновидностей вибрато, однако различие между ними невелико, так как при всех видах вибрато спектр периодически изменяется с нужной частотой и глубиной. Различным может быть метод изменения спектра, он может быть амплитудным, частотным или фазовым.

Звуки, воспроизводимые на одном и том же инструменте на одной и той же струне, но с разными уровнями громкости, имеют отличные друг от друга спектральные характеристики. Наиболее сильные изменения происходят со спектром в момент удара по струне. Следовательно, спектр музыкального звука на протяжении всего времени звучания струны непрерывно меняется, меняется высота и громкость, амплитуды обертонов и их состав, т. е. меняется и тембр звука. Искусственное периодическое изменение спектра за счет только амплитуды сигнала (громкости) выполняется амплитудным вибрато.

Одно из самых распространенных и широко применяемых в акустических гитарах и электрогитарах так называемое частотное вибрато построено на принципе введения инфранизкой частоты модуляции в колебания самой струны. Изменение частоты колебаний струны по закону модулирующей ультранизкой частоты осуществляется в гитарах наиболее простым, механическим способом. Специальное механическое приспособление устанавливается на гитаре; оно основано на принципе уравновешивания силы натяжения струн пружиной, позволяет рукояткой сдвигать точку этого равновесия и тем самым изменять натяжение струн до одного полутона в обе стороны, таким образом, оно является модулятором. Изменением частоты и амплитуды движения рукоятки приспособления музыкант осуществляет частотное вибрато.

Фазовое вибрато основано на принципе сложения двух сигналов — основного и сдвинутого по фазе, причем фазовые соотношения между этими сигналами зависят от действующего напряжения инфразвуковой частоты. Появляющийся в результате сложения новый спектр колебаний обладает обилием комбинационных частот и обертонов. По мнению музыкантов, фазовое вибрато по своим акустическим качествам уступает и частотному и амплитудному. Можно однако использовать часть спектра, получающегося при фазовом

вибрато, а именно его высокочастотную часть, богатую обертонами. Для этой цели строят совмещенное амплитудно-фазовое вибрато.

В отличие от частотного амплитудно-фазовое вибрато осуществляется в тракте усиления усилителя низкой частоты. Для его работы необходим генератор вспомогательного напряжения инфранизкой частоты, который должен генерировать синусоидальное напряжение с возможным плавным изменением частоты в интервале 5—12 гц и с амплитудой колебаний 1—3 в. Для этой цели используется RC-генератор, обладающий малыми нелинейными искажениями и высокой стабильностью выходного напряжения, а также имеющий простую электрическую схему.

Генератор состоит из двух транзисторных каскадов на резисторах и фазосдвигающей цепочки. Первый каскад выполнен по схеме с общим эмиттером и имеет большое усиление, второй — с общим коллектором и является усилителем мощности. Связь между каскадами непосредственная. Генератор возбуждается на частоте F, при которой фазовый сдвиг, создаваемый RC-цепью, равен 180°. Цепочка RC должна при этом содержать не менее трех ячеек. В генераторе (рис. 16) возможна плавная регулировка частоты в интервале 5—12 гц, которая осуществляется потенциометром R50. Нужная амплитуда выходного напряжения устанавливается с помощью потенциометра R56.

Существует ряд схем, позволяющих модулировать амплитуду сигнала инфранизкой частотой в тракте усиления усилителя. Некоторые из этих схем основаны на изменении коэффициента усиления каскада или каскадов путем перемещения рабочей точки транзистора по характеристике, но даже при полном использовании ее линейной области не удается получить модуляцию глубиной более 15—20%, при этом во избежание нелинейных искажений на вход таких схем необходимо подавать малые амплитуды модулируе-

мого сигнала. Кроме того, в тракт усилителя попадает и инфранизкий сигнал большой амплитуды, что и вызывает неприятный низкочастотный стук при прослушивании работы вибрато. Применение сложных фильтров для подавления модулирующего сигнала в тракте усиления усилителя приводит к ограничению полосы пропускания усилителя в области низких частот.

В некоторых схемах для получения модуляции сигнала используется нелинейный элемент, включенный последовательно в цепь сигнала, а модулирующее напряжение генератора меняет сопротивление этого элемента. С помощью таких схем удается получить более глубокую модуляцию, до 80%, однако неизбежно проникание сигнала инфранизкой частоты в тракт усиления усилителя, правда, сигнала меньшей амплитуды.

Интересна схема модулятора с фоторезистором, свободная от проникновения инфранизкой частоты в канал усилителя.

Существенным недостатком такой схемы является недостаточная глубина модуляции из-за большой инерционности лампочки накаливания и сложности схемы.

Балансный модулятор, так же как и другие модуляторы в схемах амплитудной модуляции, предназначен для создания модулированного по амплитуде сигнала. С этой целью на вход устройства, содержащего нелинейные элементы, подается напряжение звуковой частоты и частоты модулирующего сигнала. На выходе балансного модулятора в такой схеме, в отличие от обычных (небалансных) схем модуляторов, модулирующий сигнал подавляется.

В качестве нелинейных элементов в этом модуляторе применяются полупроводниковые диоды. Так как в балансном модуляторе степень подавления модулирующего сигнала зависит от симметрии плеч моста, необходимо тщательно выполнить регулировку схемы.

В хорошо отсимметрированном балансном модуляторе можно добиться подавления модулирующего сигнала на 35—40 дб. На практике амплитуда модулирующего сигнала в 10—30 раз превышает амплитуду основного сигнала звуковой частоты, при этом достигается минимум нелинейных искажений выходного сигнала. Для германиевых или кремниевых диодов, составляющих мост, напряжение инфранизкой частоты обычно лежит в пределах 1—3 в.

Эффективность работы балансного модулятора зависит от степени совпадения вольт-амперных характеристик диодов и от симметрии схемы. Подобрать идентичные диоды довольно трудно. Поэтому обычно радиолюбители используют диоды, имеющие одинаковое сопротивление в прямом и обратном направлении в двух точках вольт-амперной характеристики. Более точно диоды можно подобрать, подключая их поочередно последовательно с цепочкой резисторов, заранее известных, к зажимам омметра, например АВО-5. Измеряя омметром сопротивление цепи при нескольких фиксированных положениях, можно отобрать диоды примерно с одинаковыми вольт-амперными характеристиками. При выборе диодов предпочтение следует отдать тем, у которых наименьшее прямое сопротивление и наибольшее обратное. Хорошо работают в данной схеме диоды серии Д9.

Выходное напряжение, снимаемое с балансного модулятора, составляет примерно величину падения напряжения на диоде в прямом направлении. При желании повысить это напряжение последовательно с диодами моста включают резисторы сопротивлением 100—150 ом. Такое включение резисторов позволяет за счет глубины модуляции повысить выходное модулированное напряжение на 30—40%. При этом необходимо сохранить соотношение амплитуд сигналов, участвующих в сложении.

Как видно из схемы (рис. 16), в один из полупериодов модулирующего сигнала диоды моста откры-

ваются (так как включены последовательно) протекающим через них током, при этом их сопротивления уменьшаются до десятков ом и напряжение основного сигнала делится пропорционально сопротивлениям делителя, состоящего из R45 и сопротивления открытого моста (десятки ом). В следующий полупериод диоды закрываются, их сопротивление увеличивается до сотен килоом и основной сигнал не ослабляется. Входное сопротивление последующего каскада усилительного тракта при этом должно быть высоким. Регулировка глубины модуляции осуществляется в этой схеме переменным резистором R56, так как изменение глубины модуляции величиной модулирующего напряжения влечет за собой неизбежное увеличение нелинейных искажений.

Для эффективной работы модулятора необходимо выполнить еще одно требование, а именно: источник модулирующего сигнала должен обладать низким сопротивлением для звукового сигнала. Для этой цели в схему введен конденсатор C25.

Модулирующее напряжение подано в схему балансного модулятора через разделительный трансформатор Tp1 (можно использовать переходный от малогабаритных радиоприемников). Если отказаться от применения трансформатора, то постоянное напряжение, питающее генератор, необходимо подавать от отдельного источника, не связанного общим проводом с усилителем.

На входе схемы расположен каскад усилителя, работающий по схеме с разделенной нагрузкой, а на выходе — эмиттерный повторитель. Каскад с разделенной нагрузкой необходим для получения противофазных сигналов при работе фазового вибрато.

В положении выключателя П3, показанного на схеме, устройство работает как амплитудное вибрато. В положении "ФМ" выключателя П3 устройство будет работать как амплитудно-фазовое. Для использования только высокочастотной части спектра фазового

вибрато сложение противофазных напряжений в базовой цепи транзистора Т9, которые поступают из эмиттерной цепи транзистора Т8 и сигнала, сдвинутого по фазе, из коллекторной цепи того же транзистора должно протекать только в области высоких частот и гармоник основных частот сигнала. Для этой цели разделительный конденсатор С20 в коллекторной цепи транзистора Т8 выбирается с малой емкостью и его подбор осуществляется исходя из индивидуальных требований музыканта.

Работоспособность схемы проверяется с помощью двух измерительных приборов: осциллографа, подключаемого на выходе устройства, и генератора, подключаемого к входу. После включения источника питания и установки на генераторе частоты F = 30÷40 гц при амплитуде сигнала 200 мв на осциллографе можно наблюдать модулированный по амплитуде сигнал генератора, глубина модуляции которого изменяется резистором R56 схемы. В схеме проверки участвуют приборы: осциллограф СИ-1 и генератор ЗГ-12.

Основным узлом любой системы искусственной реверберации является устройство, в котором на входной сигнал накладывается последовательно эхо сигналов, уровень громкости которых убывает с той или иной скоростью. Применение искусственной реверберации при исполнении музыкальных произведений создает у слушателя иллюзию большого зала с хорошей акустикой и богатым тембровым звучанием инструмента в нем. Слушатель воспринимает уменьшение уровня реверберируемого сигнала, как приближение к источнику звука и, наоборот, увеличение уровня реверберации, как удаление от источника звука. Звук приобретает певучесть и длительность послезвучания с повышением тональности. В настоящее время искусственная реверберация очень широко применяется исполнителями сольных партий.

Необходимым компонентом узла системы реверберации должно быть устройство, создающее эхо-сиг-

налы с желательно непрерывным послезвучанием и с убывающей во времени амплитудой. Искусственно эхо-сигналы можно получить, задерживая во времени электрические сигналы преобразователя электрогитары в тракте усилителя, с последующим наложением их на не задержанный во времени сигнал. Задержка сигналов может осуществляться электрическим, электромеханическим или косвенным путем. Электрические линии задержки для звукового спектра частот на практике не применяются из-за своей сложности.

Большое распространение получила система, в которой задержка сигнала во времени выполняется косвенным путем с помощью магнитофона. Для этой цели с датчика электрогитары сигнал поступает одновременно как на вход усилителя низкой частоты, так и на вход усилителя записи магнитофона. Записанный на ленте сигнал воспроизводится через определенный интервал времени несколько раз. В специально изготавливаемом магнитофоне рядом с головкой записи устанавливаются 3—7 воспроизводящих головок. Усиленный с разными уровнями сигнал воспроизводящих головок накладывается на основной сигнал в тракте усилителя низкой частоты. Соотношение уровней основного и задержанных во времени сигналов в тракте усилителя низкой частоты будет определять глубину реверберации, а расстояние между воспроизводящими головками и скорость движения ленты - время послезвучания, одинаковое для всех частот спектра. Такая косвенная система задержки при соответствующем выполнении аппаратуры позволит получить широкую полосу реверберируемых частот с высокой верностью воспроизведения, причем в таком устройстве возможна регулировка в нужных пределах времени послезвучания и соотношений амплитуд эхо-сигналов. Такой магнитофон можно выполнить бескассетным, применив склеенную в кольцо ленту длиной 1—1,5 м, смена которой производится по мере ее износа.

Для получения эхо-сигналов возможен и другой путь, более экономичный и менее трудоемкий, — применение электромеханической линии задержки. Линией задержки будет механическая система, в данном случае цилиндрическая пружина. Такая пружина обладает свойствами задержки механических колебаний во времени, причем спектр частот механических колебаний пружины лежит в спектре звуковых частот, а задержка сигнала во времени определяется длиной самой пружины. Конструктивно такая линия задержки выполняется следующим образом. На входе и выходе такой линии задержки помещается П-образный магнитопровод с насаженной на него катушкой. Линией задержки служат две спиральные пружины из специальной проволоки, на концах которых укреплены ферритовые роторы, поворачивающиеся между полюсными наконечниками П-образного магнитопровода. Сигнал преобразователя электрогитары, усиленный двухкаскадным предварительным усилителем и усилителем мощности, поступает на катушку преобразователя. Ротор поворачивается на угол, величина которого пропорциональна мгновенному значению тока в катушке. Вращательное движение ротора передается через спиральные пружины, задерживаясь во времени, на второй преобразователь, в катушке которого наводится э. д. с. Механические колебания многократно повторяются, отражаясь от места закрепления пружины, и каждый раз в электрический сигнал преобразуется лишь часть механической энергии, причем вследствие затухания механической энергии от колебания к колебанию происходит и уменьшение амплитуды э. д. с., наводимой в катушке второго преобразователя.

Благодаря многократным отражениям на краях пружин при исполнении создается впечатление непрерывности послезвучания. Это послезвучание усиливается и тем, что одна пружина задерживает сигнал на большее время, а другая на меньшее. Наведенная

в катушке второго преобразователя э.д.с. после усиления смешивается в тракте основного усилителя с незадержанным сигналом. Такие ревербераторы выпускаются нашей промышленностью и входят в состав радиоприемников стереорадиолы "Минск 65" и радиолы "Иоланта". Приведем некоторые данные электромеханического ревербератора, применяемого в радиоле "Иоланта". Рабочий диапазон частот составляет 100—5100 гц при неравномерности частотной характеристики не более 14 дб. Время послезвучания для низких частот полосы пропускания равно 6—7 сек, для средних 3—3,5 сек и для высших частот 1,5—2 сек. Время задержки сигнала первой пружиной составляет 26 мсек., а второй 34 мсек. В конструкции узла ревербератора предусмотрена компенсация механических сотрясений и акустической связи. Цилиндрическая пружина в этой конструкции работает на кручеиие, что позволяет в некоторой степени избежать накладок от внешних сотрясающих колебаний достаточно длинной, подвешенной за концы пружины. Кроме того, каждая пружина состоит из двух половин, намотанных в противоположные стороны, тем самым вторая половина пружины компенсирует колебания первой. Весь узел ревербератора закрепляется в рабочем положении с помощью амортизационных пружин.

Как видно из приведенных данных, в электромеханическом ревербераторе имеются недостатки, такие как ограниченность диапазона задерживаемых частот, большая неравномерность частотной характеристики и зависимость времени послезвучания от частоты.

С точки зрения гитариста, это не столь серьезные недостатки, так как неравномерность частотной характеристики ревербератора сказывается только на эхо-сигнале, амплитуда которого меньше амплитуды основного сигнала.

Более равномерную частотную характеристику ревербератора можно получить, применив специально

подобранную для данного экземпляра ревербератора коррекцию частотной характеристики во входном и выходном усилителях линии задержки, а при включении двух параллельно работающих корректированных ревербераторов удается свести эту неравномерность к 5 дб, в основном на краях полосы пропускания. Время послезвучания можно в малых пределах регулировать величиной амплитуды сигнала, подаваемого к первому преобразователю. Надо обратить внимание и на то, что частотный диапазон электрической гитары незначительно превышает частотный диапазон электромеханического ревербератора типа "Иоланта". Поэтому их совместную работу можно считать целесообразной. Очень важно также то, что электромеханический ревербератор типа "Иоланта" стоит 21 руб. (вес 0,670 кгс), а магнитофонная установка при изготовлении ее радиолюбителем стоит 97 руб. (вес 4,9 кгс). Таким образом, применение электромеханического ревербератора оправдано.

Блок ревербератора находится в приставке вместе с предварительным усилителем, и близкое их соседство с акустическим агрегатом вызывает ряд трудностей, так как система начинает самовозбуждаться. Это явление наблюдается при повышении громкости до некоторого предела и по существу не дает возможности использовать номинальную мощность усилителя. Объясняется это тем, что при большом звуковом давлении, развиваемом громкоговорителем, затухание в стенках футляра приставки недостаточно; колебания передаются системе механической задержки сигнала и на какой-нибудь частоте фаза колебаний в любой момент может стать положительной, что и приведет к обязательному акустическому самовозбуждению.

Из изложенного видно, что единственный путь борьбы с этим явлением состоит в уменьшении акустических связей. Для этого изготавливается специальный корпус из звукопоглощающего и демпфирую-

щего материала, в котором на пружинах крепится весь блок. Корпус изготавливается из пенопласта толщиной 15 мм и после укрепления в нем блока закрывается крышкой. Сверху футляр оклеивается поролоном и в таком виде крепится в приставке скобками. Выводы блока в виде экранированного многожильного провода пропущены через корпус.

Использовать для электрогитары электрическую схему усилителя блока реверберации радиолы "Иоланта" нежелательно. В схему пришлось бы внести ряд изменений, которые на печатной схеме готового блока произвести нельзя. Видоизмененная схема этого блока показана на рис. 16.

Как видно из схемы первый усилитель собран на четырех транзисторах двух типов и выполнен по известной бестрансформаторной схеме с непосредственной связью между каскадами. Первые два транзистора являются предварительными усилителями напряжения, а два других используются в оконечном двухтактном параллельном каскаде. Каскады на транзисторах Т13 и Т14 собраны по схеме с общим эмиттером, резисторы R65—R67 и R70—R72 соответственно образуют делитель напряжения в базовой цепи и в сочетании с резисторами R69 и R73 в цепях эмиттера, не заблокированных емкостями, обеспечивают температурную стабильность каскадов и создают в каскаде обратную связь по переменному току. Питание первого каскада осуществляется от общего источника через стабилизирующее звено, состоящее из резистора R80 и диода Д1, что дает устойчивую развязку предварительного и оконечного усилителей. Второй каскад питается от напряжения 13 в, охвачен положительной обратной связью по постоянному напряжению, осуществляемой за счет цепочки R76, С31. Это позволяет полнее использовать энергетические возможности оконечных транзисторов.

Схема оконечного каскада представляет собой фазоинвертор на транзисторах разной проводимости,

работающих как эмиттерные повторители. По постоянному току эти транзисторы включены последовательно друг с другом и напряжение источника питания делится между ними поровну, а по переменному току они работают по двухтактно параллельной схеме. Такая схема может обеспечить усиление сигналов с малыми нелинейными искажениями при условии подбора транзисторов в пару так, чтобы коэффициенты передачи тока их не отличались друг от друга более чем на 3%. Для того чтобы схема оконечного каскада работала от одного источника питания, применен разделительный конденсатор С32, который заряжается до напряжения источника питания и работает в один из полупериодов как источник питания. С целью уменьшения нелинейных искажений, обусловленных неполной симметрией плеч оконечного каскада, усилитель охвачен общей отрицательной обратной связью по напряжению через цепочку R72, С30. Параметры этой цепи подобраны так, что, с одной стороны, обеспечивают стабилизацию режима работы усилителя по постоянному току за счет действия гальванической обратной связи, а с другой, корректируют полосу пропускания.

Второй усилитель блока реверберации, используемый для усиления задержанного во времени сигнала, как видно из схемы, двухкаскадный. Для уменьшения шунтирующего действия входного сопротивления усилителя на второй преобразователь линии задержки на входе усилителя использован эмиттерный повторитель. В цепи нагрузки первого каскада находится потенциометр R82, обеспечивающий регулировку амплитуды выходного сигнала (глубина реверберации). Питание осуществляется от развязывающей ячейки первого усилителя.

Налаживание усилителей блока реверберации, в которых использованы заведомо исправные детали, а монтаж выполнен в полном соответствии с принципиальной схемой, несложно. После включения напря-

жения питания необходимо проверить режимы каскадов по постоянному току при отсутствии сигнала. Для этого достаточно проверить напряжение между общим проводом и эмиттерами транзисторов Т15 и Т16. Это напряжение должно быть равно половине напряжения источника питания. При отклонениях напряжения необходимо подогнать его с помощью подбора сопротивлений резисторов R72.

Завершающим этапом налаживания усилителя является проверка его выходной мощности, чувствительности и полосы пропускания, что осуществимо с помощью измерительных приборов: осциллографа и звукового генератора. Эта проверка описана в § 9.

К уже описанным устройствам, обогащающим палитру звучания электрической гитары, можно добавить еще так называемый дисторбер. Музыкальный эффект от этого устройства получается в канале усилителя в результате линейного сложения двух сигналов: основного, поступающего от преобразователей электрогитары, и ограниченного, образованного основным сигналом. Линейное сложение этих сигналов происходит в противофазе, при этом подавляются частично или полностью основные частоты спектра, а возникают гармоники. Степень подавления основных частот зависит от амплитуды ограниченного сигнала, участвующего в сложении.

В настоящее время широко используются методы обогащения спектра сигнала электрогитары. Делается также много попыток переноса схем, используемых в электрических музыкальных инструментах, на электрическую гитару, т. е. подмены характерного звучания струн электронным звучанием. За рубежом нашли широкое распространение именно эти методы. К такой подмене относятся эффекты, получаемые от бустера, делителя частоты и т. д.

Благодаря дисторберу обычное звучание струн заменяется электронным звучанием. При полной подмене, что получается при равенстве между собой

амплитуд основных частот сигналов, участвующих в сложении, звучание инструмента приобретает особую своеобразность, звучат гармоники. При неполной подмене достигается большое разнообразие окрасок звука обертонами за счет ограниченного сигнала, богатого гармониками. Схема соответствующего устройства построена так, что, придавая ограниченному сигналу различную форму, позволяет использовать его в создании других эффектов.

Эффект от дисторбера получается при входном сигнале малой величины до 70—90 мв. Этим и определяется местоположение приставки в электрической схеме усилителя.

Сигнал с электрогитары поступает на вход согласующего каскада по двум путям: через разделительный конденсатор С3 (рис. 16) и резистор R7 и через усилитель—ограничитель.

Формирование импульсной последовательности осуществляется из сигналов, поступающих на вход усилителя—ограничителя, имеющего в своем составе два каскада. Первый каскад собран по схеме с общим эмиттером и выполняет функции усилителя и ограничителя. Второй каскад связан с первым непосредственно и является эмиттерным повторителем. Поэтому снимаемый с ограничителя импульсный сигнал сдвинут по фазе относительно входного сигнала. Импульсный сигнал через регулятор уровня и резистор R11 поступает снова на согласующий каскад, в данном случае выполняющий функцию сумматора. Сложение двух сигналов в противофазе происходит в зависимости от величины амплитуды импульсного сигнала, устанавливаемой потенциометром.

Высокое входное сопротивление и малый уровень собственных шумов немаловажный фактор для любого усилителя. Получить малый уровень шумов удается далеко не всегда. Сигнал, поступающий от преобразователей электрогитары, значительно ослаблен цепями тонрегистров и параллельной работой несколь-

ких преобразователей. Восполнить эти потери только усилением основного усилителя трудно из-за резкого возрастания шумов. Для эффективной работы тонрегистров и отсутствия завала высоких частот спектра необходимо высокое входное сопротивление согласующего каскада. Применение эмиттерного повторителя в согласующем каскаде позволяет получить высокое входное сопротивление, однако из-за отсутствия усиления в таком каскаде коэффициент шума также резко возрастает.

При линейном сложении двух сигналов очень важным фактором являются появляющиеся при этом нелинейные и перекрестные искажения. Для того, чтобы они были малой величины, необходим преобразующий элемент с линейной или квадратичной характеристикой. Применение полевого транзистора типа КП 102Е как согласующего каскада на входе усилителя электрогитары вызвано его свойствами сумматора с малым уровнем нелинейных и перекрестных искажений и свойствами согласующего каскада, обладающего высоким входным сопротивлением (10 мом) и малым уровнем низкочастотных шумов.

В процессе настройки положением переключателя П1 и потенциометром R11 подбирают нужную окраску звука. Емкости конденсаторов и сопротивления резисторов могут быть зафиксированы. То же относится и к цепям обратной связи в ограничителе.

Входные цепи, ограничитель и согласующие каскады подлежат обязательному экранированию. Монтаж соединительных проводов должен быть выполнен экранированным проводом. Все установочные детали: переключатели, потенциометры — должны также помещаться в экран.

При выполнении схемы из функциональных узлов экранирование их достигается весьма просто. Латунной или красномедной фольгой оклеивается зачищенная шкуркой наружная поверхность узла (клей БФ-2),

а углы пропаиваются. Сам экран соединяется с выводом 7 функционального узла пайкой.

Пульт управления предназначен для набора программы эффектов, необходимых музыканту при исполнении. Подготовка программы, так же как и настройка электрогитары, выполняется до начала выступления исполнителя и заключается в установке нужной глубины реверберации, частоты, амплитуды и вида модуляции эффекта вибрато и т. п. Набор программы или ее замена может осуществляться во время выступления музыканта в момент музыкальных пауз, поэтому для удобства все переключатели, осуществляющие коммутацию, расположены на передней панели приставки. Контроль правильности набора осуществляется световой сигнализацией (на передней панели). Последним при наборе программы включается переключатель каналов, это необходимо, чтобы устранить все щелчки, получающиеся при переключении цепей.

Метод включения звука контактами имеет свои недостатки и сложности, однако этот способ самый простой. Основной недостаток контактных систем заключается в броске тока и, как следствие, в появлении низкочастотных помех — щелчков в момент переключения программы. Эти помехи вызваны зарядом и разрядом конденсаторов в коммутируемых цепях или связаны с изменением режимов усилительных каскадов. Простая схема, применяемая в пульте управления для осуществления коммутации, позволяет избавиться от щелчков. Как видно из схемы (рис. 16), в цепях нет разделительных конденсаторов, а соединение цепей производится непосредственно. Такое соединение можно осуществлять в том случае, когда потенциалы соединяемых точек одинаковы и имеют один знак.

Рассматривая схему коммутации, убеждаемся, что цепи входа последующего и предыдущего каскада образуют мостовую схему и при сбалансированном

мосте по постоянному току в соединяемых точках — в диагонали моста — напряжения будут равны и одного знака. Следовательно, при соединении этих точек броска тока в цепи не будет. Это справедливо при отсутствии сигнала на входе усилителя, что и предполагается в момент набора программы.

Баланс моста по постоянному току осуществляется ранее описанным способом, но в рассматриваемом случае может быть определен на слух, исходя из полного отсутствия щелчка при переключениях. При балансировке моста незначительное изменение в режимах предыдущих каскадов можно осуществлять подбором резисторов в цепях базы или эмиттера.

Характеристики сигналов, получаемые при переключениях на пульте управления, приведены в табл. 2.

Таблица 2

| Положение переключателя | | | | Характеристика сигнала на выходе |
|---|---|---|---|---|
| П4 | П5 | П6 | П7 | |
| первый канал | | второй канал | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Сигнал на выходе усилителя отсутствует |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Широкополосный сигнал на выходе усилителя |
| 1 | 0 | 0 | 0 | Низкочастотный сигнал до 1,2 кгц |
| 0 | 0 | 1 | 0 | Среднечастотный и высокочастотный сигнал от 0,7 до 15 кгц |
| 1 | 1 | 1 | 1 | Широкополосный сигнал с реверберацией. Это положение переключателей зафиксировано в схеме |
| 2 | 0 | 2 | 0 | Широкополосный сигнал, работает вибрато |

Блок предварительного усилителя можно собрать по-разному, применив тот или иной вариант компоновки элементов его принципиальной электрической схемы. В практике радиолюбителей наиболее распространенный принцип компоновки — так называемый навесной монтаж из отдельных элементов. Это может быть плоская компоновка деталей на одной плате, где пассивные и активные элементы размещены по возможности рядом, или объемная, где детали размещаются более плотно. Каждый вид компоновки имеет свои достоинства и недостатки.

В настоящее время в радиоэлектронной промышленности для повышения надежности, облегчения производства и эксплуатации многие радиоэлектронные устройства компонуются из отдельных готовых унифицированных функциональных узлов. Такие узлы изготавливаются на специализированных предприятиях и могут работать в любой радиотехнической схеме.

В радиолюбительской практике применение функциональных узлов также целесообразно, однако готовых узлов еще в продаже нет. В описываемом предварительном усилителе сделана попытка построить схему на функциональных узлах, изготовленных самими радиолюбителями. Узел в предлагаемом варианте построен по принципу каскада или каскадов. Активные и пассивные элементы, образующие каскад, заключены в один объем. Из готовых функциональных узлов легко создать компоновку принципиальной электрической схемы любого прибора. Тогда функциональный узел превращается в установочные элементы, такие как резистор, конденсатор, транзистор.

В этом случае компоновка из функциональных узлов может быть выполнена на плоскости с применением печатного монтажа платы, причем габариты при таком размещении уменьшаются на 50—60%, а сама плата упрощается. Изготовив функциональные узлы, можно составить из них всю схему предвари-

тельного усилителя. Так, четвертый канал усилителя состоит из узлов УНЧ-2 и УМ-6 (рис. 17) с несколькими внешними элементами, а после линии задержки применены узлы УНЧ-1 и УНЧ-2.

Используя конструктивный принцип построения функциональных узлов, можно построить электрическую схему так, что количество элементов, участвующих в схеме, позволит собрать их на платах одинаковых размеров. Такого рода функциональные узлы называются модулями. Размер основания и высоты при этом кратны какому-то одному размеру или двум размерам, взятым в качестве основных. Размер платы выбирается из расчета расположения на ней 4—6 резисторов и транзисторов, т. е. элементов, обеспечивающих режим работы транзистора. При размещении на плате двух или трех каскадов, а следовательно, большого количества активных и пассивных элементов размеры платы увеличиваются и становятся

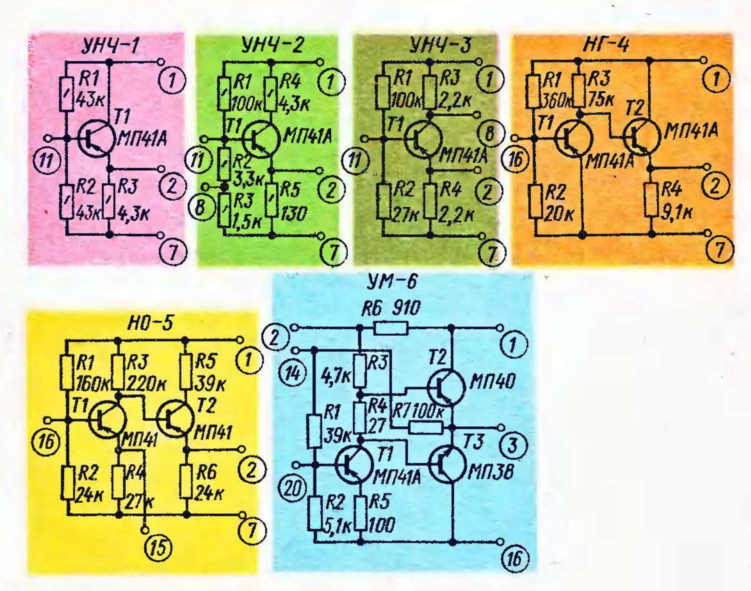


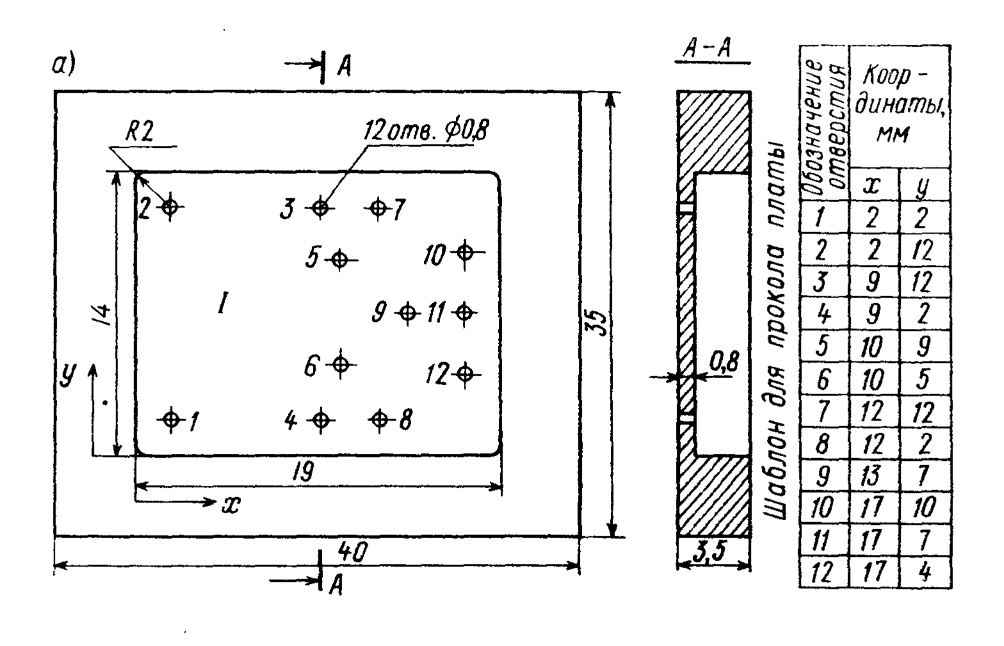

Рис. 17

кратными размерам, принятым для однокаскадного функционального узла.

Для достижения компактности функционального узла принимается объемная компоновка его элементов, при этом резисторы располагаются на плате вертикально. Разделительные конденсаторы не введены в схему функционального узла, так как надежность используемых в этих цепях электролитических конденсаторов значительно ниже надежности других элементов схемы и, кроме того, электролитические конденсаторы полярны, что не удовлетворяет всем схемным вариантам включения функциональных узлов.

Расчет мощности, которая рассеивается резисторами, участвующими в схеме, показал, что она не превышает 0,06—0,10 вт, и поэтому вполне допустимо применение малогабаритных резисторов типа МЛТ или МТ 0,12—0,25 вт. Высота функционального узла определяется исходя из нормали на монтаж резисторов и транзисторов. Если длина резистора типа МЛТ мощностью 0,25 вт равна 8 мм, а по нормали на монтаж разрешенное расстояние места пайки (без повреждения последнего) от корпуса равно 4 мм, то общая высота резистора с выводами составит 8+2(4) +2=18 мм, где 2 мм — размер пайки с обеих сторон резистора.

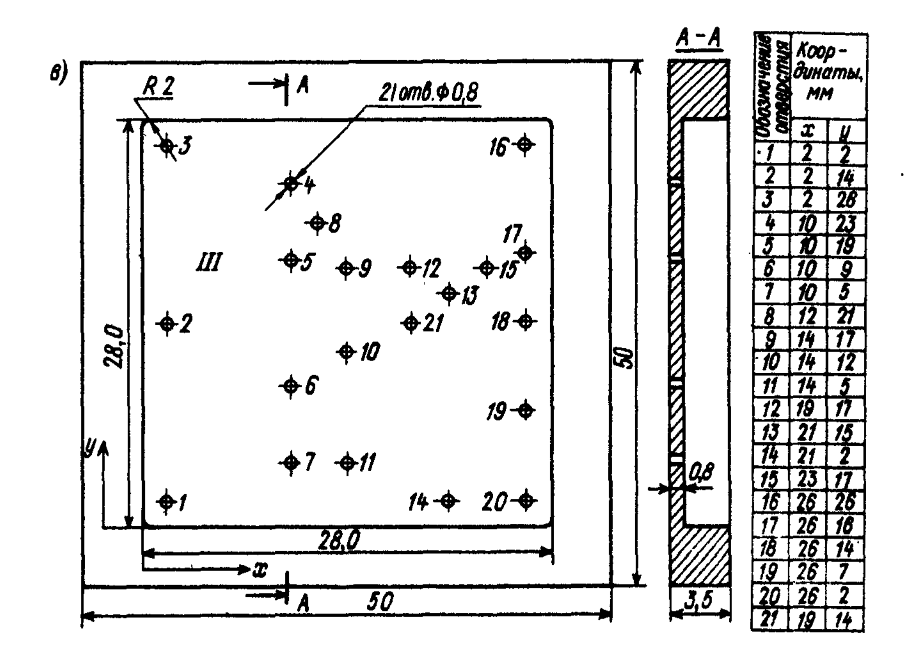
Транзистор удобнее расположить горизонтально, а выводы его загнуть на допустимом расстоянии от корпуса. Это позволит транзисторы широкого применения малой мощности поместить в тот же объем функционального узла. Можно считать, что общая высота узла составит 20 мм. Функциональный узел надо защитить от механических воздействий и воздействия среды, придать ему законченную конструкцию герметизацией, что можно осуществить заливкой его компаундом холодного отверждения на основе эпоксидных смол в формах. Вот почему общий габарит функционального узла несколько больше расчетного.




| Обозначение отверстия | Координаты, мм | |
|---|---|---|
| | x | y |
| 1 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 12 |
| 3 | 9 | 12 |
| 4 | 9 | 2 |
| 5 | 10 | 9 |
| 6 | 10 | 5 |
| 7 | 12 | 12 |
| 8 | 12 | 2 |
| 9 | 13 | 7 |
| 10 | 17 | 10 |
| 11 | 17 | 7 |
| 12 | 17 | 4 |

б)
A–A
R2
18 отв. ⌀0,8
II
14
28
35
50
0,8
3,5
x
y

| Обозначение отверстия | Координаты, мм | |
|---|---|---|
| | x | y |
| 1 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 12 |
| 3 | 9 | 12 |
| 4 | 9 | 2 |
| 5 | 10 | 9 |
| 6 | 10 | 5 |
| 7 | 14 | 12 |
| 8 | 14 | 9 |
| 9 | 14 | 6 |
| 10 | 14 | 2 |
| 11 | 18 | 9 |
| 12 | 18 | 5 |
| 13 | 19 | 12 |
| 14 | 19 | 2 |
| 15 | 26 | 12 |
| 16 | 26 | 2 |
| 17 | 12 | 7 |
| 18 | 16 | 7 |




| Обозначение отверстия | Координаты, мм | |
|---|---|---|
| | x | y |
| 1 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 14 |
| 3 | 2 | 28 |
| 4 | 10 | 23 |
| 5 | 10 | 19 |
| 6 | 10 | 9 |
| 7 | 10 | 5 |
| 8 | 12 | 21 |
| 9 | 14 | 17 |
| 10 | 14 | 12 |
| 11 | 14 | 5 |
| 12 | 19 | 17 |
| 13 | 21 | 15 |
| 14 | 21 | 2 |
| 15 | 23 | 17 |
| 16 | 26 | 26 |
| 17 | 26 | 16 |
| 18 | 26 | 14 |
| 19 | 26 | 7 |
| 20 | 26 | 2 |
| 21 | 19 | 14 |

Рис. 18

Герметизированные функциональные узлы имеют следующие габаритные размеры. Для схем УНЧ-1, УНЧ-2, УНЧ-3 (рис. 17) они одинаковы и составляют 15x20x20 мм, для схем НГ-4, НО-5 размеры 15x30x20 мм и для схемы УМ-6 — 30x30x20 мм.

Схемы функциональных узлов, примененных в предварительном усилителе, приведены на рис. 17. Схема УНЧ-3 — эмиттерный повторитель; схема УНЧ-2 — усилитель напряжения; схема УНЧ-3 — фазоинверсный каскад с разделенной нагрузкой, который может быть использован также как усилитель или эмиттерный повторитель при подключении внешних дополнительных цепей. Схема функционального узла НГ-4 представляет собой совокупность двух каскадов. Такое схемное решение позволяет отказаться от нескольких элементов (двух резисторов и одного конденсатора) и поместить оба каскада в одном объеме. Первый каскад работает по схеме с общим эмиттером, а второй представляет собой эмиттерный повторитель, гальванически связанный с первым. Схема НГ-4 предназначена для работы в качестве

RC-генератора с внешним подключением фазосдвигающей цепочки. Схема УМ-6 представляет собой усилитель мощности с внешними цепями обратной связи, схема НО-5 — ограничитель.

Плата функционального узла предназначена для фиксации устанавливаемых на ней деталей, транзисторов и резисторов. На нижней поверхности этой платы предусмотрен монтаж выводов элементов. В таких условиях на плате можно применить печатный монтаж, однако все способы изготовления плат с печатным монтажом достаточно трудоемки и выгодны только при массовом производстве. В радиолюбительской практике можно рекомендовать платы, изготавливаемые из пенопласта. Материал этот легок, пористый, хорошо обрабатывается, вставленные в него детали следует монтировать так называемым петлевым методом. Для изготовления платы можно использовать обрезки блочного пенопласта марки П. Заготовленные платы зачищаются мелкой шкуркой. Отверстия для установки элементов и для выводных перемычек делаются через специальный кондуктор, в котором разметка и сверловка отверстия произведена с достаточной точностью. Отверстия прокалываются обыкновенной швейной иглой. Форма отверстия при этом получается конусной, что удобно для крепления выводов элементов при их вставлении в плату. Кондуктор можно изготовить из латуни по рис. 18. На рис. 18, а показаны шаблоны для прокола платы I, на рис. 18,б — платы II, на рис. 18,в — платы III. При проколе отверстий под плату желательно подложить резину толщиной 1 мм для того, чтобы игла оставляла отверстие с другой стороны платы.

Детали, устанавливаемые на плату, необходимо подготовить к монтажу и пайке. Для этого их выводы зачишаются, облуживаются в ванночке с расплавленным припоем и формуются. Формовка выводов производится пинцетом или несложным приспособлением, затем выводы подрезаются до нужной длины. Вывод-

ные концы — перемычки — изготавливаются из луженой медной проволоки диаметром 0,8 мм длиной 25 мм. Чтобы перемычки было удобно вставлять в отверстия платы, концы их желательно заострить. Подготовленные к монтажу перемычки и элементы вставляются в соответствующие отверстия платы с помощью пинцета легким нажимом. Монтаж установленных элементов производится петлевым методом. В качестве монтажного провода используется жила от многожильного провода марки МГШВ-1,5 диаметром 0,31 мм. Соединение выводов деталей значительно упрощается при использовании монтажного приспособления типа карандаш конструкции Г. И. Михайлова. В верхней части этого приспособления укреплен барабан, на который наматывается монтажный провод. Провод пропущен через медицинскую иглу, укрепленную на конце приспособления. Кнопка на боку приспособления служит для создания натяга монтажного провода. Этим проводом обвивают петлеобразно выводы деталей на высоте 0,5 мм от обрезанного края вывода.

Монтаж производится по монтажным схемам: на рис. 19 приведена монтажная схема функциональных узлов УНЧ-1, УНЧ-2, УНЧ-3, на рис. 20 — схема НГ-4, на рис. 21 — НО-5, на рис. 22 — УМ-6. Пайка контактов — одна из самых ответственных операций. Материал платы ненагревостоек и при перегреве плавится, детали и перемычки расшатываются. Пайку контактов необходимо производить как можно более быстро и следует применять припои с низкой температурой плавления, такие как ПОС-61 (температура плавления 183° С); ПОСК-50 (температура плавления 145° С). Для удобства работы на жале стандартного (35—50 вт) паяльника делается насадка из медной проволоки диаметром 1,8—2 мм. Провод указанной толщины туго наматывается на жало паяльника, а конец этого провода длиной 25 мм превращается в новое жало. Для хорошего

растекания припоя используется флюс — 30% раствора канифоли в этиловом спирте. Место пайки прогревается паяльником не более 1—1,2 сек — при хорошо подготовленных (облуженных) деталях этого времени хватает с избытком.

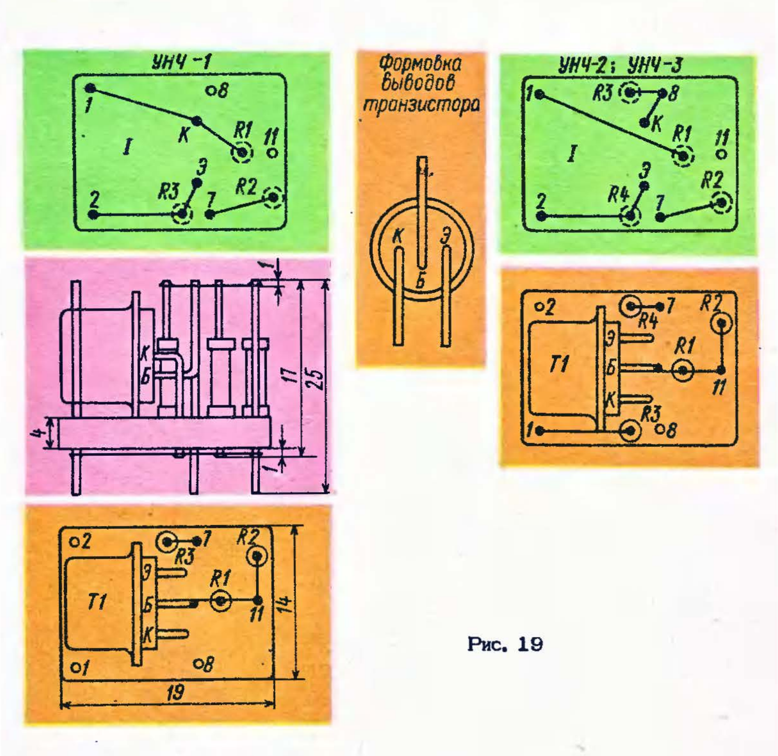



Рис. 19

После монтажа места пайки следует промыть спиртом. Конечно, такой монтаж вначале труден, однако, освоив его, можно получить большую экономию времени. Смонтированный функциональный узел подлежит электрической проверке его работоспособности. Проверку проще всего производить на специальном приспособлении в виде стенда.

Электрическая схема стенда представляет собой коммутационное устройство, связывающее внешние

приборы, участвующие в проверке, с контактами проверяемого функционального узла. Конструктивно стенд представляет собой плату, на углах которой закреплены резиновые ножки. Для подключения внеш-

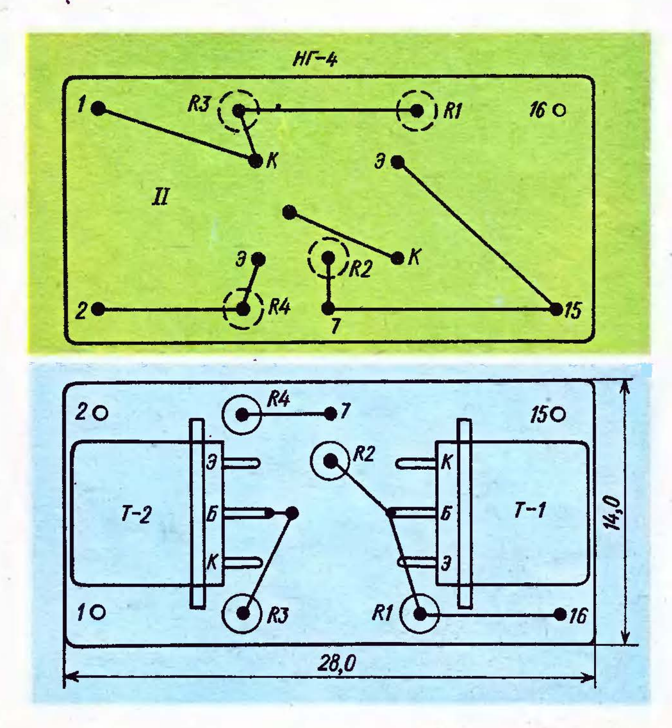



Рис. 20

них приборов используются приборные зажимы. Функциональный узел вставляется выводными концами в гнезда (на оборотной стороне платы сделан монтаж). Стенд обеспечивает подачу напряжения питания от внешнего источника на соответствующий функциональный узел, контроль за величиной напряжений и токов и коммутацию при измерениях. В измерениях участвуют следующие приборы: выпрямительное стабилизированное устройство, обеспечивающее на выходе напряжение 9 в, генератор типа ЗГ-12 или аналогич-

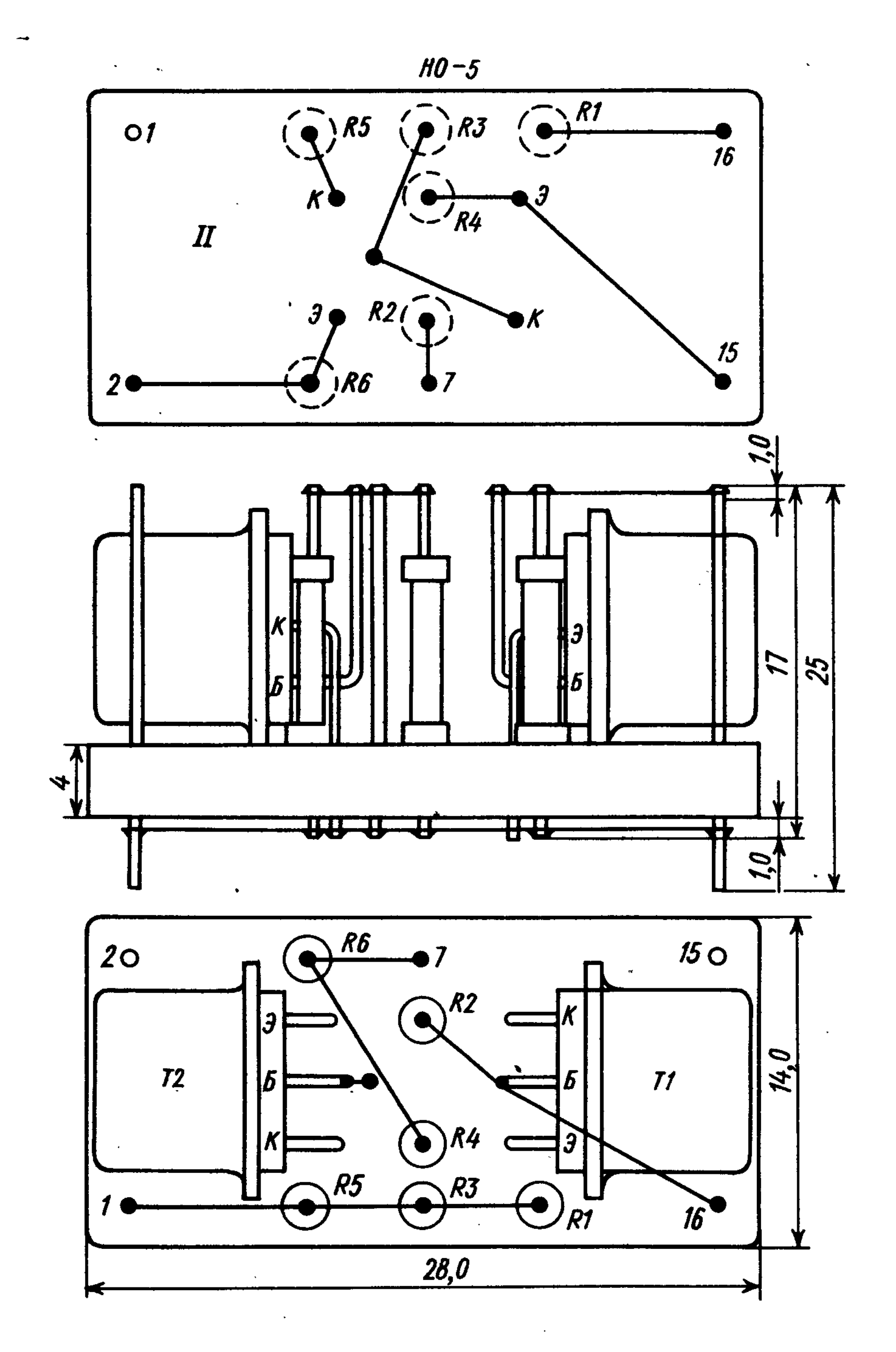
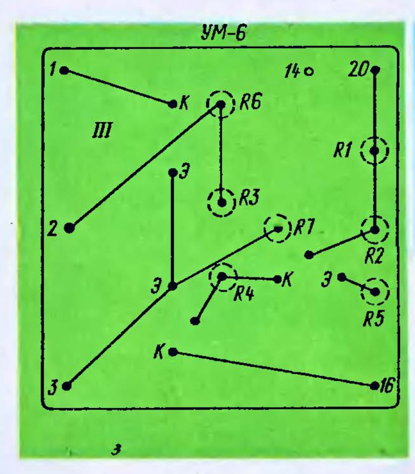



Рис. 21

ный ему измерительный прибор типа АВО-5, ламповый вольтметр типа МВЛ-2, осциллограф СИ-1, резистор (нагрузка) МЛТ-05-4,7к.

После того как проверяемый узел вставлен в гнезда платы, необходимо подать питание 9 в и про-


УМ-6
1
К
R6
14
20
III
R1
Э
R3
2
R7
R2
Э
К
Э
R4
R5
К
3
16


Формовка выводов транзистора Т3
Э
К
Б

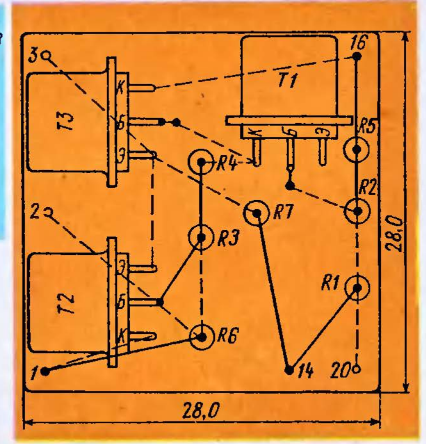

3
16
Т3
К
Б
Э
Т1
К
Б
Э
R5
R4
R2
2
R7
R3
28,0
Т2
Э
Б
К
R1
R6
1
14
20
28,0

Рис. 22

верить ток, потребляемый узлом. Последний должен быть не более величины, приведенной ниже: для УНЧ-1 $I_{общ}$ = 0,9÷1,2 ма; к = 0,97÷0,99; для УНЧ-2 $I_{общ}$ = 0,9÷1,2 ма; к = 20÷30; для УНЧ-3 $I_{общ}$ = 0,9÷1,2 ма; к = 0,92÷0,96; для НГ-4 $I_{общ}$ = 1,2÷1,5 ма; для НО-5 $I_{общ}$ = 0,3÷0,5 ма; для УМ-6 $I_{общ}$ = 1,8÷3,9 ма; $I_{макс}$ = 30÷40 ма; Р = 150 мвт.

При превышении тока, потребляемого узлом, необходимо проверить величину сопротивления резисторов делителя цепи базы и в случае необходимости подобрать нужные.

Вторая проверка заключается в измерении коэффициента передачи функционального узла. Для этого на его вход подается сигнал от генератора ЗГ-12 с частотой F = 1 кгц. Величина амплитуды, подаваемая на вход узла, зависит от функций, выполняемых узлом. Измеряя входное и выходное напряжение на узле прибором МВЛ-2, определяем коэффициент передачи из соотношения $K = U_{вых}/U_{вход}$ . Ориентировочные значения этого коэффициента указаны выше.

Специальные проверки предусмотрены для функциональных узлов НГ-4 и УМ-6. Для узла НГ-4 к дополнительной проверке относится проверка работы схемы в генераторном режиме. Для такой проверки необходимо подключить фазосдвигающую цепочку, наблюдая за формой сигнала по осциллографу СИ-1. Для функционального узла УМ-6 необходимые проверочные работы описаны ранее.

Под герметизацией изделия понимается помещение его в монолитную среду с целью защиты элементов от механических повреждений и воздействия климатических факторов. Кроме того, герметизация создает надежную изоляцию между элементами при высокой плотности монтажа.

Эпоксидный компаунд как герметизатор получил широкое распространение в радиоэлектронной про-

мышленности, что связано с его высокими техническими свойствами. Одна из групп этих компаундов имеет перед остальными существенное преимущество, которое заключается в том, что отверждение — процесс полимеризации — происходит при комнатной температуре. Свойства и время жизнеспособности этого компаунда зависят не только от количества введенного в него отвердителя, но и от пластификатора, понижающего вязкость компаунда. Введение наполнителей в компаунд уменьшает усадку последнего при полимеризации.

Форма может быть изготовлена из фторопласта 4 или из стали, но проще всего сделать разовую форму. Такую форму легко и просто изготовить из гипса. Для этого необходима разборная оправка с полированными плоскостями, имеющая габаритные размеры готового функционального узла. Чтобы оправка легко вынималась, ее предварительно покрывают несколько раз раствором кремнийорганического каучука СКТ в бензине. Залитая гипсом оправка после высыхания гипса вынимается, образуя форму. Стенки формы покрываются олифой и после ее высыхания форма готова к работе. Материал гипсовой формы очень хрупок, поэтому для извлечения залитых изделий форму просто разбивают.

При изготовлении заливочного компаунда приготавливают его компоненты, взвешивают их, затем смешивают. В состав заливочного компаунда входят следующие компоненты: эпоксидная смола ЭД-5 (10 весовых частей), выполняющая функцию связующего материала, трикрезилфосфат (2 весовые части), выполняющий роль пластификатора, пылевидный кварц (4 весовых части) и слюдяная мука (2 весовых части), выполняющие функции наполнителя, полиэтиленполиамин (1,4 весовые части), служащий отвердителем.

Рассчитанные и взвешенные количества связующего материала, пластификатора и наполнителя подо-

гревают до температуры 60—75° С и в нагретом виде тщательно перемешивают до получения однородной массы. Перемешанную массу желательно вакуумировать для удаления воздушных включений. Затем массу охлаждают до комнатной температуры. В таком состоянии приготовленную массу можно хранить в стеклянной посуде долгое время. Перед заливкой в формы необходимо отмерить нужное количество массы, ввести в нее полиэтиленполиамин и тщательно перемешать. Срок годности определяется количеством приготовляемого одновременно компаунда и очень мал. Для 100 г массы срок годности компаунда 20—25 мин. Поэтому все подготовительные работы для заливки надо провести заранее. При заливке рекомендуется, чтобы температура окружающей среды, а следовательно, формы и заливочного компаунда была 20—25° С, что обеспечивает хорошую растекаемость компаунда в форме.

В целях облегчения съема готовых герметизированных изделий стенки формы покрывают слоем, снижающим адгезию компаунда с ними. В качестве разделительного слоя применяют раствор кремнийорганического каучука СКТ в бензине. Смазку наносят кистью на стенки и дно формы несколько раз через 5—10 мин, время достаточное для полного высыхания смазки. При изготовлении формы из фторопласта 4 смазка ее вообще не нужна.

Заливка изделия производится ступенчато: сначала в подготовленную форму заливают предварительный слой компаунда толщиной 2—3 мм, необходимый для фиксации изделия по высоте; через 1—1,5 ч при частичной полимеризации компаунда на нем устанавливают изделие, слегка вдавливая его в компаунд; затем производят окончательную заливку изделия до верхнего уровня формы. При этом все изделие должно быть закрыто компаундом. Очень удобно производить заливку компаунда в форму через бумажный фунтик. Наполнив фунтик компаундом, отрезают его нижний

угол и выдавливают содержимое фунтика в форму тонкой струей. Фиксация заливаемого узла относительно формы после заливки производится шаблоном с отверстиями для выводов. В процессе полимеризации компаунда в течение первых двух часов за счет заполнения пустот может произойти усадка заливки — ее ликвидируют, доливая новый компаунд в местах усадки.

После окончательной полимеризации компаунда, которая длится 24 ч, форму разбирают, а гипсовую разбивают. На поверхности изделия могут наблюдаться раковины, образующиеся при полимеризации компаунда из-за наличия в нем воздуха. Такие изъяны в радиолюбительской практике можно устранить замазыванием их тем же компаундом. При вакуумировании массы компаунда этих пузырьков и раковин не должно быть. Чтобы различать готовые узлы (многие из них одинакового размера и имеют одинаковое расположение выводов), их следует маркировать. На поверхности функционального узла, лучше сверху, мелкой шкуркой зачищается площадка и краской наносится нужный номер и ключевой знак, обозначающий начало отсчета выводов. Готовые узлы подлежат вторичной проверке на работоспособность по ранее описанной методике и после этого могут быть установлены в платы блока.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В прошлом, до того как была создана электрогитара, предпринимались неоднократные попытки увеличить громкость звучания гитары. Для этого увеличивали корпус инструмента, применяли дополнительные раструбы, двойное дно и т. д. Однако все эти изменения делали гитару слишком громоздкой и неудобной для игры, а увеличение громкости — незначительным. Благодаря бурному развитию радио-

техники и радиоэлектроники появилась реальная возможность создания электрических гитар, обладающих громким звуком, значительно расширяющим динамический диапазон инструмента.

Конструирование электрической гитары началось с адаптеризации обычной акустической. При адаптеризации на музыкальном инструменте устанавливается специальный прибор, называемый адаптером, или звукоснимателем, преобразующий механические колебания струн или корпуса инструмента в электрические. Эти колебания затем поступают на усилитель низкой частоты и воспроизводятся громкоговорителем.

Адаптеризация акустической гитары имела большое практическое значение, так как она помогла расширить динамический диапазон музыкального инструмента. Однако такая электрогитара имела ряд существенных недостатков, затруднявших использование ее в концертных целях.

На смену адаптеризированной гитаре прищли электрогитары "доски". Быстро распространившись по всему миру, "доски" так же быстро и разочаровали многих музыкантов и радиолюбителей. Причин было много: внешний непривлекательный вид, большой вес инструмента (до 4—6 кг), жесткий "электронный" звук; без усилителя электрогитара вообще не звучала.

В настоящее время во всем мире перешли к конструированию полуакустических гитар.

Цель настоящей книги — натолкнуть многочисленную армию радиолюбителей, и в том числе юных, на самостоятельное творчество.

Мы подробно описали в книге изготовление полуакустической электрогитары и специального усилителя. Как мы ни стремились упростить ряд операций, все же изготовление инструмента остается делом сложным. Оно по силам не одному радиолюбителю, а небольшим кружкам, коллективам, куда входят раз-

личные специалисты: столяры, модельщики, слесари, токари, фрезеровщики, механики, музыкальные мастера, художники и, конечно, радиотехники, ибо последнее слово за ними.

Следует остановиться на возможных направлениях дальнейшего развития электрогитар.

Наряду с усовершенствованием различных приставок ("органный эффект", "бустер", "октавное звучание", "дисторбер", "вау-эффект" и другие) большое внимание будет уделено работе над приближением звучания электрической гитары к звучанию натуральной акустической. Это трудная задача, требующая создания более совершенного преобразователя.

Колебание струны состоит из поперечных, продольных и круговых колебаний. В акустической гитаре все они придают звуку особую окраску. В электрической же гитаре только поперечные колебания струн преобразуются в электрические. Новый, более совершенный преобразователь должен превращать все колебания струн в электрические. Возможен следующий путь: установка под каждой струной электромагнитного преобразователя с самостоятельным предварительным усилителем.

Совершенствование электрической схемы инструмента должно также идти по линии микроминиатюризации аппаратуры, особенно предварительных усилителей и вспомогательных схем, создающих дополнительные эффекты. Применение интегральных схем или функциональных узлов в перечисленных устройствах даст возможность конструктивно разместить эти схемы в корпусе электрогитары. В этом случае инструмент сможет работать практически с любым усилителем мощности.

Корпус полуакустической электрогитары останется без существенных изменений. Будет лишь усовершенствована отделка инструмента. Будет уменьшена длина грифа, а следовательно, и мензура, которая в настоящее время равна 610—640 мм. Совершен-

ствуются также способы крепления грифа к корпусу, благодаря чему станет возможна быстрая замена грифа новым. Ширина грифа у головки и у пятки останется без существенных изменений.

Возможно, провод, соединяющий электрогитару с усилителем, будет заменен радиосвязью, тогда у исполнителя появится свобода передвижения по сцене (корпус передатчика пристегивается к ремню электрогитары, а приемник выполняется в виде приставки к основному усилителю низкой частоты).

При создании новых вариантов электрогитар необходимо творческое содружество радиолюбителя-конструктора и музыканта-исполнителя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. **Баржин В. Я.** и др. Апериодические усилители на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет. М., "Советское радио", 1968. 302 с. с ил.

2. **Белов С. И., Бандас Л. Л.** и др. Музыкальные инструменты фабрики им. Луначарского. /Каталог./ Л., изд. Ленсовнархоза, 1963. 6 с. с ил.

3. **Волк М. З.** Герметизация электротехнической и радиоэлектронной аппаратуры. Л., "Энергия", 1966. 368 с. с ил.

4. **Волошин В. И.** и др. Электромузыкальные инструменты. Л., "Энергия", 1971. 144 с. с ил.

5. **Гендин Г. С.** Высококачественные любительские усилители низкой частоты. Л., "Энергия", 1965. 112 с. с ил.

6. **Медведовский Д. С., Гузевич О. Н.** Электрогитары. Л., "Энергия", 1970. 96 с. с ил.

7. **Николаевский И. Ф.** Транзисторы и полупроводниковые диоды. /Справочник./ М., Связьиздат, 1963. 646 с. с ил.

8. **Прохоров Е. А.** Адаптеризация музыкальных инструментов. Л., "Энергия", 1966. 72 с. с ил.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Давид Семенович Медведовский
Олег Николаевич Гузевич

ЭЛЕКТРОГИТАРА И УСИЛИТЕЛЬ

Редактор В. В. Лебедева
Художественный редактор Г. А. Гудков
Технический редактор Ю. А. Игошин
Корректор М. Э. Орешенкова

Сдано в набор 10/1У 1974 г.
Подписано к печати 2/УШ.-1974 г.
М-22807. Формат 84х108/32.
Бумага офсетная № 2.
Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 6,45.
Тираж 100 000 экз. Заказ №2916.
Цена 32 коп.

Ленинградское отделение издательства "Энергия",
192041, Ленинград, Марсово поле, 1.

Ленинградская фабрика офсетной печати №1
Союзполиграфпрома при Государственном
комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли. 197101, Ленинград, П-101,
Кронверкская ул., 7.